

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Sciences Alimentaires  
Filière : Sciences Alimentaires  
Spécialité : Contrôle de Qualité et Analyse des Aliments



Réf: .....

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER**

*Thème*

**Essai d'élaboration de pâtes alimentaires à base de  
légumineuses**

Présenté par :

**Zeghidour Madjda**

Soutenu le : **08/07/2024**

Devant le jury composé de :

Mme. LEHOUCHE Rahima	MCB	Présidente
Mme. MERZOUK Hafida	MCA	Promotrice
Mme. TOUATI Naima	MCA	Examinatrice

**Année universitaire : 2023 / 2024**

# Remerciements

*Avant tout, nous remercions << Allah >> le tout puissant, le Miséricordieux, de nous avoir donné le courage, la force, la santé et la persistance pour mener à terme ce travail.*

*Nous tenons à exprimer nos reconnaissances à notre promotrice, Madame MERZOUK Hafida dont les encouragements et les conseils bienveillants nous ont permis de mener bien ce travail.*

*Nous tenons à remercier Madame Lehouche Rahima pour nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence du jury, Qu'elle trouve ici nos sincères impressions de gratitude et de respect.*

*Nos remerciements s'adressent aussi à Madame Touati Naima d'avoir accepté d'examiner ce travail, qu'elle trouve ici l'expression de notre profonde reconnaissance.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*



## *Dédicace*

*Je dédie ce travail à mes chers parents*

### *Ma Mère*

*Vous m'avez donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir.  
Tout ce que je peux vous offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance  
que je vous porte. J'avoue vraiment que vous êtes pour moi la lumière qui me  
guide vers le chemin de la réussite. C'est à vous que je dois mon succès  
En témoignage, je vous offre ce modeste travail pour vous remercier de vos  
sacrifices consentis et pour l'affection dont vous m'avez toujours témoignée.*

### *Mon père*

*L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon  
estime et de mon respect  
Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que dieu vous préserve et  
vous procure santé et longue vie.*

*A mes chères amies Thiziri et soraya je vous remercie pour vos amitiés chères à  
mon cœur, et je vous souhaite tout le bonheur du monde.*

***Madjda***

# Table de matière

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction ..... 1

## Partie Bibliographique

I. Pâtes alimentaires ..... 3

I.1. Généralités ..... 3

I.2. Classification ..... 3

I.2.1 Pâtes extrudées ou pressées ou tréfilées ..... 3

I.2.2.Pâtes laminées ..... 4

I.3. Types de pâtes ..... 4

I.3.1. Pâtes alimentaires sèches ..... 4

I.3.2. Pâtes alimentaires fraîches ..... 4

I.4. Processus de fabrication des pâtes alimentaires industrielles ..... 4

I.4.1. Hydratation et malaxage ..... 4

I.4.3. Séchage ..... 5

I.4.4. Conditionnement ..... 6

II. Pâtes alimentaires sans gluten ..... 6

II.1. Formulation des pâtes sans gluten..... 6

II.1.1. Riz..... 6

II.1.2. Légumineuses ..... 7

III. Généralité sur les légumineuses utilisées ..... 11

III.1. Pois chiche (*Cicer arietinum L*)..... 11

III.1.1. Généralités ..... 11

III.1.2. Classification ..... 12

III.1.3. Types de pois chiche ..... 12

IV.1.4. Intérêt nutritionnel ..... 13

III.2. Lentille (*Lens culinaris Medikus*)..... 14

III.2.1. Généralités ..... 14

III.2.2. Classification ..... 14

III.2.3. Intérêt nutritionnel.....	14
III.3. Fève ( <i>Vicia faba L</i> ).....	15
III.3.1. Généralités .....	15
III.3.2. Classification .....	15
III.3.3. Intérêt nutritionnel.....	15
IV .Maladie cœliaque.....	16
IV.1. Définition .....	16
IV.2. Symptômes.....	16
IV.3. Traitements actuels .....	17
IV.3.1. Régime sans gluten (RSG) .....	17

## **Partie Expérimentale**

### **Matériel et méthodes**

I. Matériel végétal .....	18
I-1- Caractéristiques du matériel végétal utilisé.....	18
I.1.1. Légumineuses.....	18
I.1.2. Riz.....	18
I.1.3. Purée d'épinards.....	18
I-2- Préparation de la farine.....	18
II. Analyses physico-chimiques .....	19
II.1. Dosage des protéines (méthode de Lowry).....	19
II.2. Dosage des sucres totaux .....	20
II.3. Taux d'humidité .....	20
II.4. Taux de cendres .....	21
II.5. Acidité grasse .....	21
II.6. PH.....	22
II.7. Capacité d'absorption de l'eau .....	22
II.8 Extraction et dosage des composés phénoliques.....	22
II.9. Dosage des flavonoïdes .....	23
II.10. Temps optimal de cuisson (TOC).....	23
II.11. Indice de Gonflement (IG) .....	24
III. Analyses microbiologiques .....	24
III.1. Recherche et dénombrement des moisissures .....	24

III.2. Recherche des spores de Clostridium sulfite-Réducteurs .....	25
IV. Préparation de pâte .....	25
IV.1. Méthode d'élaboration .....	26
IV.2. Analyse sensorielle.....	27

## **Résultats et discussion**

I.1. Teneur en humidité, taux de cendres, sucres totaux, Protéines, PH et acidité grasse.....	28
I.2. Teneur en composés phénoliques et en flavonoïdes .....	31
I.3. Capacité d'absorption de l'eau.....	32
I.4. Détermination du temps optimal de la cuisson des pâtes fabriquée.....	33
I.5. Détermination de l'indice de Gonflement.....	34
I.6. Résultats des analyses microbiologiques .....	35
I.7. Résultats de l'analyse sensorielle .....	35
Conclusion .....	38

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

## *Liste des abréviations*

<b>AFNOR</b>	Association française de normalisation
<b>BSA</b>	Albumine sérique bovine
<b>CAE</b>	Capacité d'absorption de l'eau
<b>EAG</b>	Equivalent d'acide gallique
<b>EQ</b>	Equivalent de la quercitine
<b>IG</b>	Indice de Gonflement
<b>JORA</b>	Journal Officiel de la République Algérienne
<b>MC</b>	Maladie cœliaque
<b>Mt</b>	Millions de tonnes
<b>PH</b>	potentiel d'Hydrogène
<b>RSG</b>	Régime sans gluten
<b>TOC</b>	Temps optimal de cuisson

## *Liste des figures*

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Figure 01</b>	Structure d'une graine de légumineuses.	<b>08</b>
<b>Figure 02</b>	Pourcentage de la production mondiale des légumineuses.	<b>10</b>
<b>Figure 03</b>	Les deux types de Pois chiche :(1) Desi et (2) Kabuli .	<b>13</b>
<b>Figure 04</b>	Classification des pathologies liées au gluten proposée par le consensus d'experts de Londres.	<b>16</b>
<b>Figure 05</b>	Légumineuses récoltées dans la commune de Settara (Jijel).	<b>18</b>
<b>Figure 06</b>	Broyeur de la marque BOMANN.	<b>19</b>
<b>Figure 07</b>	Les farines de légumineuses : (1) fève, (2) pois chiche, (3) lentille et la farine (4) riz.	<b>19</b>
<b>Figure 08</b>	Pâtes élaborées.	<b>27</b>
<b>Figure 09</b>	Histogramme déterminant le temps optimal de cuisson des pâtes fabriquée.	<b>33</b>
<b>Figure 10</b>	Histogramme déterminant l'indice de Gonflement des pâtes fabriquée.	<b>34</b>
<b>Figure 11</b>	Histogramme déterminant les résultats de l'analyse sensorielle et le pourcentage de l'appréciation des dégustateurs des trois pâtes (154), (202) et (419).	<b>36</b>

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau I</b>	Classification botanique des légumineuses.	<b>09</b>
<b>Tableau II</b>	Composition chimique des grains de légumineuses (pour 100 g de MS).	<b>10</b>
<b>Tableau III</b>	Classification des pois chiches.	<b>12</b>
<b>Tableau IV</b>	Composition chimique (en g/100g de MS) des deux variétés de pois chiche.	<b>13</b>
<b>Tableau V</b>	Classification des lentilles.	<b>14</b>
<b>Tableau VI</b>	Classification de la fève.	<b>15</b>
<b>Tableau VII</b>	Quantité d'ingrédients utilisée pour la réalisation de la recette.	<b>26</b>
<b>Tableau VIII</b>	Résultats des analyses réalisées sur la farine de légumineuse et du riz.	<b>28</b>
<b>Tableau IX</b>	Résultats de la teneur en composés phénoliques et en flavonoïdes.	<b>31</b>
<b>Tableau X</b>	Résultats de la capacité d'absorption de l'eau.	<b>32</b>
<b>Tableau XI</b>	Résultats des analyses microbiologiques.	<b>35</b>

# *Introduction*

# Introduction

Les pâtes, un aliment très largement apprécié par toutes les catégories de consommateurs, car elles ont une qualité gustative, une facilité de préparation et un prix raisonnable (**Laleg *et al.*, 2017**). C'est un aliment céréalier qui est traditionnellement composé de deux ingrédients, la semoule de blé dur et l'eau. Son procédé de fabrication consiste à hydrater, malaxer, extruder la pâte et enfin la sécher (**Petitot *et al.*, 2009**).

Les légumineuses, à la fois sans gluten et riches en protéines. Elles contiennent de 24 à 28% de protéines et donc jusqu'à 4 fois plus qu'une céréale. Elles présentent un profil très intéressant en acides aminés indispensables (**Laleg *et al.*, 2017**), présentent un indice glycémique relativement bas (**Foster-Powell *et al.*, 2002**).

La maladie cœliaque est une maladie auto-immune, dans laquelle, l'ingestion de gluten chez les sujets sensibles déclenche une attaque immunitaire de l'intestin grêle, ainsi qu'une réponse sérologique (**Calado et Verdelho, 2022**). Cette maladie conduit les patients à une malabsorption des nutriments et peut provoquer de multiples symptômes, notamment une diarrhée chronique, une anémie, une petite taille et une gêne abdominale (**Mulder *et al.*, 2023**). Avec le temps, elle peut conduire à des pathologies graves telles que l'ostéoporose, les maladies hépatiques, les maladies neurologiques, la dépression et les tumeurs malignes lymphoprolifératives (**Mulder *et al.*, 2015**).

Actuellement, la maladie cœliaque est l'une des maladies gastro-intestinales les plus fréquentes. Les analyses épidémiologiques récentes indiquent que 10 % de la population mondiale est atteinte de la maladie cœliaque (**Boukezoula *et al.*, 2015**). Un régime sans gluten reste le seul traitement recommandé qui atténue les symptômes, améliore la qualité de vie et réduit le risque de complications (**Haines *et al.*, 2008**).

En Algérie, l'alimentation des malades cœliaques reste peu disponible et faiblement diversifiée. Une enquête faite auprès des malades cœliaques de quelques villes de l'Est algérien entre 2004 et 2008 a révélé que les produits sans gluten du commerce étaient pour leur majorité

des produits d'importation, chers, pas au porté de tous et de faible palatabilité (**Benatallah, 2009**).

Ce travail s'inscrit dans le cadre de l'élaboration d'une pâte alimentaire sans gluten à base de la farine de légumineuses. Notre recherche se devise en deux parties, une partie bibliographique exhaustive sur les généralités des pâtes alimentaire et légumineuses utilisés : le pois chiche, la fève et la lentille ainsi que sur la maladie cœliaque. L'autre partie qui décrit les analyses effectuées sur la farine de légumineuse et la pâte alimentaire élaborée et la dernière partie traite l'interprétation des résultats obtenus.

*Partie*  
*Bibliographique*

## I. Pâtes alimentaires

### I.1. Généralités

Les pâtes sont un aliment de base dans la majorité des pays développés et en développement, et couramment produit à partir de blé (semoule) (**Owen, 2001**). Il existe de nombreuses théories concernant son origine. Selon certains chercheurs, elle remonte au XIII<sup>e</sup> siècle avec l'arrivée des pâtes en Italie par Marco Polo en 1271 (**Getachew et Admassu, 2020**).

Le terme « pâtes » provient du latin *pasta*, qui est lui-même la latinisation du mot grec « bouillie d'orge ». Pendant longtemps, le terme générique macaroni a été employé avant l'adoption du terme spécifique de pâtes (**De Vita, 2009**).

Le terme « pâte alimentaire » désigne le produit obtenu par séchage d'une pâte non fermentée, moins humide que le pain, et qui est fabriquée à partir de semoule de blé dur (**Alais et al., 2003**).

De manière traditionnelle, l'Italie occupe la première place en tant que producteur et leader mondial de la consommation de pâtes alimentaires (**Sissons et al., 2008**). Selon **Busto et al. (2015)**, les pâtes sont très prisées à travers le monde en raison de leur commodité, de leur appétence et de leur durée de conservation plus longue que les autres produits de boulangerie, comme le pain et les petits pains.

Les pâtes sont pauvres en protéines et en acides aminés essentiels tels que la lysine et la thréonine (**Stephenson, 1983**), ainsi qu'en fibres alimentaires, en minéraux, en vitamines et en composés phénoliques (**Krishna et Rabhasankar, 2010**).

### I.2. Classification

Selon **Renaudin (1951) et Tremoliere et al. (1984)**, Les pâtes alimentaires se présentent sous des formes très variées, Cependant, on peut les classer en deux catégories bien distinctes suivant les machines dont elles sont issues : les pâtes extrudées et les pâtes laminées.

#### I.2.1. Pâtes extrudées ou pressées ou tréfilées

C'est une pâte comprimée à l'aide d'une presse à travers une filière qui sert de

moule dont on obtient les formes classiques comme les spaghettis, les macaronis, les coquillettes ou coupées à volonté de manière à obtenir des pâtes longues ou courtes.

### **I.2.2. Pâtes laminées**

Le mélange pâteux est abaissé par laminage entre deux cylindres et est réduit en feuilles larges et minces. Celles-ci sont soit divisées en rubans, soit amenées sur des machines munies d'emporte-pièces ce qui donne la forme désirée.

## **I.3. Types de pâtes**

### **I.3.1. Pâtes alimentaires sèches**

Il est possible de précuire les abaisses de pâtes ainsi formées, puis de les sécher ou de les sécher immédiatement sans cuisson préalable. La perte au séchage s'élève à 13g/100g ( $a_w < 0,65$ ). Les pâtes alimentaires sèches peuvent être stockées sans problème à température ambiante (Ugrinovits *et al.*, 2004).

### **I.3.2. Pâtes alimentaires fraîches**

La perte au séchage des pâtes alimentaires fraîches se monte à  $>13$  g/100 g (valeur  $a_w > 0,65$ ). Leur durée de conservation dépend de la méthode employée. La conservation des aliments peut être prolongée par diverses méthodes : acidification, séchage partiel, stockage sous atmosphère inerte, emballage sous-vide, pasteurisation, stérilisation, réfrigération, congélation, etc. (Brennan et Tudorica, 2007).

## **1.4. Processus de fabrication des pâtes alimentaires industrielles**

Le processus de pastification comprend un certain nombre d'opérations successives, telles que l'hydratation/malaxage de la semoule, le formage ou façonnage (par extrusion ou laminage) et le séchage (Boudreau et Menard, 1992 ; Feillet, 2000 ; Petitot *et al.*, 2010).

### **I.4.1. Hydratation et malaxage**

Lors de l'opération de malaxage, de l'eau est ajoutée au blé moulu dans le mélangeur. Des œufs ou tout autre ingrédient facultatif peuvent également être ajoutés (Tazart, 2015). Dans un premier temps, environ 25 à 34 kg d'eau sont pulvérisés sur 100 kg de semoule

pour obtenir une humidité finale d'environ 44 à 49 % de matière sèche. Cette quantité est ajustée en fonction de l'humidité initiale de la semoule, qui se situe généralement autour de 14 % (**Abecassis *et al.*, 1994**).

Le mélange des ingrédients des pâtes est effectué dans un malaxeur à 120 tours par minute durant 20 minutes (**Petitot *et al.*, 2010**). Selon **Feillet (1986)**, Le malaxage ne développe pas la pâte et ne modifie que partiellement les propriétés physico-chimiques des protéines.

## **I.4.2. Formage ou façonnage**

D'après **Abecassis *et al.*, (1994)**, la fabrication des pâtes se fait soit par laminage, soit par extrusion.

### **I.4.2.1. Procédé d'extrusion ou tréfilage**

La pâte est forcée à travers un moule sous vide sous haute pression (80-120 Kg/cm), ce qui amène les pâtes à la forme souhaitée grâce au développement de la pâte.

La mise sous vide permet de minimiser l'oxydation des pigments, de réduire les réactions de décomposition enzymatiques et oxydatives et de réduire l'apparition de bulles d'air dans la pâte (**Belitz *et al.*, 2009**).

La pression d'extrusion semble être essentielle pour conférer la compacité nécessaire au produit final à une meilleure résistance à la cuisson (**Kruger *et al.*, 1996**).

### **I.4.2.2. Procédé de laminage**

La pâte est pétrie et laminée en feuille entre deux cylindres rotatifs, avec trois à cinq paires de rouleaux, jusqu'à ce que la feuille atteigne l'épaisseur souhaitée. Par la suite, la feuille est coupée en brins de largeur et de longueur désirées (**Petitot *et al.*, 2009**)

## **I.4.3. Séchage**

Le séchage est une opération qui consiste d'éliminer l'eau du produit jusqu'à une humidité finale ne dépassant pas 12.5% (**Boudreau et Menard, 1992 ; Feillet, 2000**). Une fois les pâtes formées, elles sont transportées vers une salle de séchage où elles sont entièrement séchées pendant environ 12 heures selon un procédé à haute température. Ce séchage améliore la qualité organoleptique et de réduire les contaminations bactériennes, mais

d'un autre côté elle réduit la valeur nutritionnelle des pâtes qui se traduit par un déficit en lysine (**Hui, 2008**).

#### **I.4.4. Conditionnement**

Le produit fini est finalement conditionné dans des sacs en cellophane ou en polyéthylène. Ce Le but du conditionnement est de protéger le produit de la contamination, des dommages pendant le chargement et le stockage, et de mieux présenter le produit parmi d'autres produits (**Sissons, 2004**).

## **II. Pâtes alimentaires sans gluten**

Les produits sans gluten sont très demandés ces dernières années. À mesure que le nombre de patients atteints de la MC augmente (**Mariotti et al., 2011**).

Les pâtes sans gluten sont traditionnellement formulées à base de maïs et de riz et se caractérisent par une faible qualité nutritionnelle. Ces dernières années, les pâtes sans gluten ont fait l'objet d'une innovation importante, suivant les tendances du marché agroalimentaire qui demande des produits sains, durables et riches en protéines, alternatifs aux produits traditionnels (**Suo et al., 2024**). Par conséquent, les légumineuses ont suscité un intérêt considérable en tant qu'ingrédients fonctionnels pour améliorer les propriétés des pâtes sans gluten (**Day, 2013; Sanjeewa et al., 2010**).

### **II.1. Formulation des pâtes sans gluten**

D'après **Marti et Pagani, (2013)**, la principale approche de la formulation des pâtes sans gluten repose sur deux grands principes :

D'abord, la connaissance approfondie des propriétés des matières premières et de leurs amidons. Ensuite, des additifs appropriés peuvent être sélectionnés pour favoriser une masse cohésive dans les pâtes.

Les ingrédients utilisés dans la formulation des pâtes sans gluten sont les suivants :

#### **II.1.1. Riz**

Le riz est l'une des céréales les plus cultivées au monde et l'un des trois aliments de base les plus importants en termes de sécurité alimentaire. Il peut être cultivé en irrigué, en inondé ou en pluvial (**Fadinho et al., 2018**). Le riz est défini comme le grain entier de

*Oryzasativa L.* Cette espèce est originaire de l'Asie tropicale humide et est représentée par les deux sous-espèces Synthèse bibliographique principales, indica et japonica. Il est récolté sous sa forme brute, composée de la partie comestible, le caryopse, emballé avec ses glumes et ses glumelles (Thomsen, 2007).

### II.1.1.1 Farine de riz

La farine de riz est l'une des matières premières les plus appropriées en raison de ses propriétés hypoallergéniques, de sa haute digestibilité, de son goût doux, de sa couleur blanche et de sa disponibilité (Rosell *et al.*, 2007), et souvent, la farine obtenue à partir de grains longs est préférée, car elle présente une teneur élevée en amylose (Gomez et Sciarini, 2015).

## II.1.2. Légumineuses

### II.1.2.1. Généralités

Les légumineuses viennent du mot latin *legumen*, qui signifie les graines récoltées dans les gousses (Gursak, 2005). La famille botanique des légumineuses à grains est désignée sous le nom de *Fabaceae*, également appelée Légumineuse.

Les légumineuses à grains sont cultivées principalement pour leurs graines, qui sont récoltées à maturité et qui sont riches en protéines et en énergie (Jezierny *et al.*, 2010). Les légumineuses constituent la deuxième source d'alimentation humaine, et jouent un rôle important dans l'amélioration de la nutrition protéique et énergétique. Les êtres humains devraient compter sur les protéines des légumineuses pour satisfaire les besoins en protéines de leur régime alimentaire (Zar *et al.*, 2017).

Les *Fabaceae* (de faba, la fève) est l'une des plus grandes familles des plantes à fleurs, avec plus de 730 genres et 19 400 espèces (Morel, 2011).

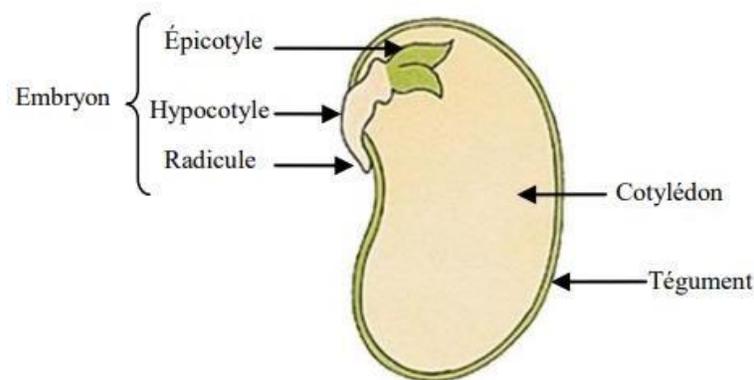
Selon Rémond et Walrand, (2017), les légumineuses regroupent des plantes à visée ornementale, fourragère et alimentaire. Ces dernières se répartissent en 3 groupes : les légumes secs (lentilles, pois cassés, pois chiches, fèves, haricots secs...), les oléagineux (arachide, soja...) et les légumes à cosse (petit pois, haricots verts ...).

Selon l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), les légumineuses jouent un rôle nutritionnel et économique vital en raison de leur place dans l'alimentation de millions de personnes. Leur importance nutritionnelle réside dans leur teneur

élevée en protéines (deux à trois fois plus que la plupart des céréales). Synthèse bibliographique Dans de nombreux pays pauvres, les légumineuses fournissent environ 10% des protéines et 5% de l'énergie nécessaire à la population. De plus, ils contiennent de grandes quantités de minéraux essentiels tels que le calcium et le fer (FAO, 2001).

### II.1.2.2. Structure des graines de légumineuses

Malgré la grande diversité de la composition en macronutriments des légumineuses, la structure de base des graines est la même. Les graines matures contiennent trois composants principaux : le tégument (testa), l'embryon et l'endosperme (figure 01). Cependant, la plupart des graines de légumineuses ont très peu d'endosperme à maturité, car les cotylédons de l'embryon constituent la majeure partie du poids de la graine et contiennent les réserves nécessaires à la croissance (Zhou *et al.*, 2013).



**Figure 01** : Structure d'une graine de légumineuses (Ubersax *et al.*, 2003).

### II.1.2.3. Classification botanique

Selon Aykroyd *et al.* (1982), la classification botanique des légumineuses est la suivante (tableau I) :

**Tableau I :** Classification botanique des légumineuses (**Aykroyd et al., 1982**).

Règne	<i>Plantae</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous classe	<i>Rosidae</i>
Ordre	<i>Fabales</i>
Famille	<i>Fabacea</i>

### III.1.2.3. Composition chimique et valeur nutritionnelle des légumineuses

La principale caractéristique des graines de légumineuses est leur teneur élevée en protéines (20-40% du produit sec). Les protéines de légumineuses sont généralement riches en acides aminés indispensables et en particulier en lysine, mais elles sont relativement pauvres en acides aminés soufrés et en tryptophane.

Les graines de légumineuses sont riches en glucides, et notamment en amidon (40-50% du produit sec), et pauvres en matières grasses (1-6% du produit sec), telle que le pois, la fève, les haricots secs, le pois chiche, les lentilles....

Les graines de légumineuses constituent également une source importante de fibres, de vitamines du groupe B (surtout de folates), ainsi que de minéraux (fer, zinc, calcium) (Tableau II) (**Rémond et Walrand, 2017**).

**Tableau II** : Composition chimique des grains de légumineuses (pour 100 g de MS)  
(Aykroyd *et al.*, 1982).

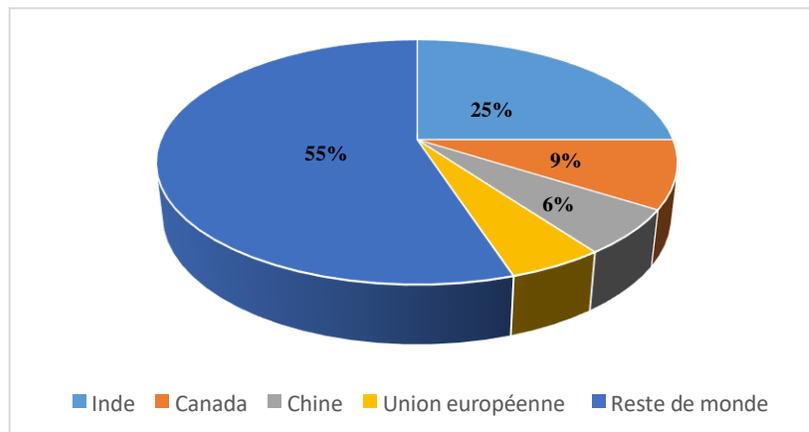
Espèces	Fève	Lentille	Pois chiche	Pois
Calories (g)	343	346	358	330
Protéines (g)	23.4	24.2	20.1	22.20
Matière grasse (g)	2,0	1.8	4.5	1.4
Glucides (g)	60.2	60.8	61.5	60.1
Cellulose (g)	7.8	3.1	2.5	2.7
Calcium (mg)	90,0	56,0	149	70,0
Fer (mg)	3.6	6.1	7.00	4.3
Thiamine (mg)	0.54	0.5	0.4	0.72
Riboflavine (mg)	0.29	0.21	0.18	0.15
Vitamine C (mg)	4,0	3,0	5,0	4,0

#### III.1.2.4. Production de légumineuses

- **Dans le monde**

Les légumineuses sont cultivées depuis longtemps dans presque toutes les régions du monde. Depuis des siècles, les légumineuses jouent un rôle fondamental dans les systèmes agricoles traditionnels (FAO, 2023 ; OCDE, 2023).

L'Inde est de loin le plus gros producteur de légumineuses, avec environ 25 % de la production mondiale au cours de la précédente décennie. Viennent ensuite le Canada (9 %), la Chine (6 %) et l'Union européenne (5 %) (figure 02) (FAO, 2023 ; OCDE, 2023).



**Figure 02** : Pourcentage de la production mondiale des légumineuses (Agroline, 2019).

En 2022, le marché mondial des légumineuses a atteint un volume de 93 Mt, après une croissance moyenne de 1.7 % par an (FAO, 2023 ; OCDE, 2023).

En 2032, la production mondiale devrait s'accroître de 29 Mt. Plus de la moitié de cette hausse sera enregistrée en Asie, et particulièrement en Inde qui devrait produire 11 Mt supplémentaires d'ici à 2032 (FAO, 2023 ; OCDE, 2023).

Les échanges internationaux de légumineuses sont passés de 15 Mt à 19 Mt au cours des dix dernières années et devraient atteindre 23 Mt à l'horizon 2032. Le Canada restera le principal exportateur de légumineuses, avec des volumes qui devraient croître de 6.8 Mt aujourd'hui à 9.9 Mt en 2032 ; il sera suivi par la Russie et l'Australie, avec 2 Mt et 1.9 Mt d'exportations respectives en fin de période (FAO, 2023 ; OCDE, 2023).

- **En Algérie**

Les légumineuses sont un aliment de base en Algérie. Consommés en grande quantité, ils sont de plus en plus demandés sur le marché. Une manière pour les consommateurs de remplacer les protéines animales contenues dans les viandes et dont les prix sont inaccessibles pour les couches moyennes. Les types les plus couramment utilisés de légumineuses alimentaires dans les plats algériens sont le pois chiche, le haricot sec, la lentille et la fève (Agroline, 2019).

Pour rappel, la production de la campagne 2015/2016 était de 770.153 quintaux contre 240.000 quintaux en 2016/2017 ; La production de la saison 2017/2018 a été de 1,3 million de quintaux, une production jamais atteinte dans l'histoire du pays. Mais globalement, les besoins nationaux sont bien plus importants. La production est estimée à 2,8 millions de quintaux, nécessitant des importations (Agroline, 2019).

L'objectif pour 2021/2022 est d'augmenter la superficie cultivée en légumineuses du pays de 85 000 hectares à 218 000 hectares pour atteindre l'autosuffisance et remplacer deux millions de quintaux sont importés chaque année (Agroline, 2019).

### **III. Généralité sur les légumineuses utilisées**

#### **III.1. Pois chiche (*Cicer arietinum* L.)**

##### **III.1.1. Généralités**

Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) est une espèce annuelle diploïde ( $2n = 2x = 16$ ) autogame. Il est considéré comme la troisième légumineuse à grains la plus importante au

monde, après les haricots secs et les pois fourragers (**Chichaybelu et al., 2018 ; Fikre et Bekele, 2019**). Le pois chiche est une bonne source de protéines, d'acides aminés, de vitamines et de minéraux dans l'alimentation humaine (**Jukanti et al., 2012**).

### III.1.2. Classification

Selon l'United States Department of Agriculture (USDA), la classification des pois chiches est la suivante (tableau III) :

**Tableau III : Classification des pois chiches (USDA, 2008).**

Règne	Plantae
Embranchement	<i>Spermatophyta (plantes à graines)</i>
Sous embranchement	<i>Magnoliophyta (=angiospermes, plantes à fleurs)</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	<i>Rosidae</i>
Ordre	<i>Fabales</i>
Famille	<i>Fabaceae</i>
Genre	<i>Cicer</i>
Espèce	<i>Cicer arietinum L.</i>

### III.1.3. Types de pois chiche

Deux types de pois chiches se distinguent par leur répartition géographique et la variété : le Kabuli (Macrosperma) et le Desi (microsperma) (figure 03).

- **Les pois chiches de type Desi** : sont de petites graines anguleuses pouvant peser environ 120 mg, ridées au niveau du bec et d'une couleur allant du brun au brun clair et au fauve. Les types Desi ont normalement une maturité plus précoce et un rendement optimal que les types Kabuli.
- **Les pois chiches de type Kabuli** : qui pèsent environ 400 mg, ont une couleur et un aspect blanc crème par rapport aux variétés de pois chiches Desi (**Maya et Maphosa, 2020**).



**Figure 03** : Les deux types de pois chiche :(1) Desi et (2) Kabuli (Mahiout, 2017)

#### III.1.4. Intérêt nutritionnel

Le pois chiche, comme toutes les légumineuses, est un aliment naturel riche en protéines végétales, en vitamines, minéraux et en fibres alimentaires. Par ailleurs, il est faible en matières grasses, et comme tous les aliments végétaux, il ne contient pas de cholestérol. Le type Desi est composé entre 51 et 65 % de glucides et le type Kabuli entre 54 et 71 % (tableau IV) (Mahiout, 2017).

**Tableau IV** : Composition chimique (en g/100g de MS) des deux variétés de pois chiche (Maheri-Sis *et al.*, 2008 ; Sanjeewa *et al.*, 2010).

Constituents	Variété de pois chiche	
	<i>Kabuli</i>	<i>Desi</i>
Protéines brutes %	24,63	22,76
Amidon%	39,12	38,48
Lipides%	6,8	6,7
Cendres%	2,9	2,8
Sucres soluble%	8,43	7,53
Fibres%	6,49	9,94
Tannins%	0,09	0,12

## III.2. Lentille (*Lens culinaris Medikus*)

### III.2.1. Généralités

La lentille est une espèce annuelle diploïde ( $2n = 2x = 14$ ) autogame probablement originaire d'Asie occidentale, s'est étendue vers la Méditerranée, en Asie, en Afrique et en Europe (**Brink et Belay, 2006 ; Lombardi *et al.*, 2014**). Les lentilles représentent une source de protéines, de glucides, de vitamines et de micronutriments dans l'alimentation humaine (**Sharpe *et al.*, 2013**).

### III.2.2. Classification

D'après **Brink et Belay, (2006)**, la classification des lentilles est la suivante (tableau V) :

**Tableau V : Classification des lentilles (Brink et Belay, 2006).**

Règne	Plantae
Super division	<i>Spermatophyta</i>
Sous embranchement	<i>Magnoliopsida</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	<i>Rosidae</i>
Ordre	<i>Fabales</i>
Famille	<i>Fabaceae</i>
Genre	<i>Lens</i>
Espèce	<i>Lens culinaris Medik</i>

### III.2.3. Intérêt nutritionnel

Les lentilles sont une excellente source de protéines végétales de haute qualité, avec 17,6 à 23,62 % de protéines, 1,27 à 3,62 % de matières grasses et 56,53 à 61,56 % de glucides. Ils sont également une excellente source de vitamines et de minéraux. De plus, ils contiennent peu d'acides aminés contenant du soufre, comme la méthionine et le tryptophane, mais ils ont une bonne proportion d'acides aminés (**Zar zar *et al.*, 2017**).

Les feuilles sèches, les tiges, les enveloppes, les gousses constituent une bonne source d'aliments pour le bétail. Ces résidus contiennent environ 10,2% humidité, 1,8% de matières grasses, 4,4% de protéines, 50% de glucides, 21,4% de fibres et 12,2%. Les graines de lentilles sont également utilisées par l'industrie comme source d'amidon commercial pour

les textiles et l'impression (**Yadav et al., 2007**).

### III.3. Fève (*Vicia faba* L.)

#### III.3.1. Généralités

La fève est une espèce diploïde (2n=12 chromosomes) partiellement allogame (**Gnanasambandam et al., 2012**). La fève est une plante herbacée annuelle présentant une tige simple, dressée, creuse et de section quadrangulaire, pouvant se dresser à plus d'un mètre de hauteur (**Rochester et al., 2001**).

#### III.3.2. Classification

Selon **Dajoz, (2000)**, la classification de la fève est la suivante (tableau VI) :

**Tableau VI : la classification de la fève (Dajoz, 2000).**

Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	<i>Angiospermes</i>
Classe	<i>Dicotylédones</i>
Sous-classe	<i>Dialypétales</i>
Série	<i>Caliciflores</i>
Ordre	<i>Rosales</i>
Famille	<i>Fabacées (Légumineuses)</i>
Sous-famille	<i>Papilionacées</i>
Genre	<i>Vicia</i>
Espèce	<i>Viciafaba</i> L

#### III.3.3. Intérêt nutritionnel

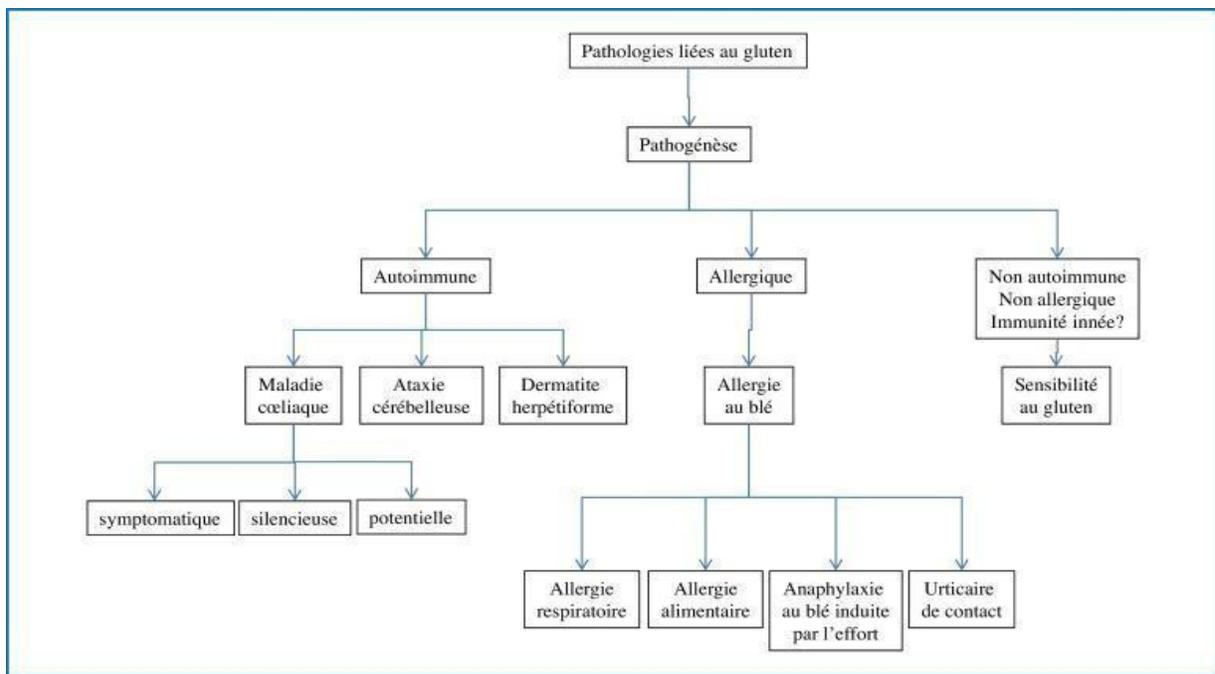
La fève est une source importante d'énergie et peut être efficace pour remplacer les protéines animales dans les pays pauvres (**Chaieb et al., 2011**). Cette légumineuse est une excellente source de glucides complexes, de fibres solubles et insolubles, de vitamines (B9 et C) et de minéraux (potassium, phosphore, calcium, magnésium, cuivre, fer et zinc). (**GORDON, 2004**).

Elle est caractérisée par une haute teneur en protéines (**Raikos et al., 2014**) et un profil d'acides aminés équilibré, à l'exception d'un faible taux en méthionine, en cystéine et en matières grasses (**Mattila et al., 2018**).

## IV. Maladie cœliaque

### IV.1. Définition

La maladie cœliaque (MC) est une entéropathie auto-immune chronique induite par l'ingestion de gluten chez des personnes génétiquement prédisposées (**Safta et al., 2022**). Elle induit une atrophie des villosités ou de la surface des muqueuses de l'intestin grêle. La MC est multifactorielle impliquant des facteurs environnementaux, génétiques et immunologique (**Battu, 2017**). Elle est également appelée la sprue cœliaque, l'entéropathie au gluten ou la sprue non tropicale (**Bai et al., 2012**) (figure 04).



**Figure 04** : Classification des pathologies liées au gluten proposée par le consensus d'experts de Londres (**Bouteloup, 2016**).

### IV.2. Symptômes

Selon **Dupuis, (2017)**, la présentation clinique de la MC est variée et les patients peuvent présenter un éventail de symptômes intestinaux et extra-intestinaux. Les signes classiques en relation avec une malabsorption de l'intestin grêle regroupent principalement des manifestations de :

- ❖ Digestives Cutanéomuqueuses (Diarrhée, douleurs abdominales, amaigrissement alopécie, aphtose buccale, purpura, hippocratisme digital) ;
- ❖ Génitales (Aménorrhée primaire ou secondaire, puberté tardive, ménopause précoce, infertilité, fausse couche, Crampes, tétanie, atrophie musculaire) ;
- ❖ Neuromusculaires (Ataxie, atteinte périphérique, épilepsie, calcifications cérébrales) ;
- ❖ Ostéoarticulaires (Douleurs osseuses, fracture spontanée, arthralgies/arthrites) ;
- ❖ Biologiques (Anémie par carence en fer, folates, vitamine B12, Thrombocytose, thrombopénie (moins fréquente), Déficit en facteurs vitamine K dépendants, Hypoalbuminémie, hypocalcémie, hypomagnésémie, déficit en zinc, élévation des transaminases).

### IV.3. Traitements actuels

#### IV.3.1. Régime sans gluten (RSG)

Actuellement, le seul traitement efficace connu pour la MC est de suivre un RSG strict à vie qui conduit, chez la majorité des patients, à une rémission, en termes de symptômes et d'aspects sérologiques et histologiques, tout en évitant le risque de complications liées à la MC (**Bascuñán *et al.*, 2017**). Le principe de ce régime repose sur l'éviction totale du gluten contenu dans certaines céréales essentiellement le blé, le seigle, l'orge et l'avoine et le remplacement de ces produits par d'autres aliments tel que le riz et le maïs (**Vahedi *et al.*, 2001, Fatima *et al.*, 2016**).

# ***Partie expérimentale***

*Matériel et méthodes*

## I- Matériel végétal

### I-1- Caractéristiques du matériel végétal utilisé

#### I.1.1. Légumineuses

Les graines de légumineuses (fève, pois chiche et lentille) utilisées (Fig.05) sont récoltées en 2023 dans la commune de Settara Wilaya de Jijel.



**Figure 05** : Légumineuses récoltées dans la commune de Settara (Jijel).

#### I.1.2. Riz

On a utilisé du riz, car il est sans gluten et rend la pâte à base de farine de légumineuses plus cohérente et plus facile à façonner. Le riz utilisé est le riz long étuvé de la marque labelle.

#### I.1.3. Purée d'épinards

On a utilisé des épinards, car ils sont sans gluten et leur valeur nutritionnelle est élevée. Les épinards utilisés dans cette étude ont été achetés au commerce.

Les épinards sont rincés à l'eau claire, puis les tiges sont retirées au maximum pour ne conserver que les feuilles. Ensuite, les feuilles sont cuites à la vapeur pendant 5 à 10 minutes et bien égouttées lorsqu'elles sont cuites. Enfin, les épinards sont mixés en purée jusqu'à l'obtention d'une texture lisse.

## I-2- Préparation de la farine

Après concassage grossier et élimination des téguments de la fève manuellement, le broyage de la farine de légumineuse et du riz a été effectué à l'aide d'un broyeur (Fig.06) de la marque BOMANN (Allemagne). La farine de légumineuse et du riz obtenue (Fig.07) est finalement tamisée avec un tamis traditionnel.



**Figure 06 :** Broyeur de la marque BOMANN



**Figure 07 :** Farines de légumineuses (1) fève, (2) pois chiche, (3) lentille et la farine (4) riz

## II-Analyses physico-chimiques

Ces analyses ont été réalisées sur les matières premières, c'est-à-dire les farines de légumineuses et du riz.

### II.1. Dosage des protéines (méthode de Lowry)

La teneur en protéines des farines de légumineuses et du riz a été déterminée par la méthode de Lowry (Lowry *et al.*, 1951) avec quelques modifications.

#### ❖ Mode opératoire :

##### - Préparation d'une dilution :

Une quantité de farine (0,1g) a été introduite dans un bécher à laquelle ont été additionnés de 50 ml de l'eau distillée jusqu'à obtenir une couleur claire puis a été filtrée.

Un volume de 1ml de filtrat de chaque produit a été ajouté à 2 ml du réactif de Gornall, Après 10 minute le mélange est complété à 0,2 ml de réactif de folin-ciocalteu, après agitation au vortex, la coloration se développe en 30 min à 4°C, le mélange est ensuite centrifugé à 3000tour/min pendant 5 minutes. À la longueur d'onde 750 nm, le spectrophotomètre donne une valeur de densité optique qui permet de déterminer la concentration en protéines de l'échantillon.

#### ❖ Expression des résultats :

Les résultats sont obtenus en se référant à la courbe d'étalonnage réalisée avec de la BSA (Annexe01).

## II.2. Dosage des sucres totaux (Dreywood, 1946)

### ❖ Mode opératoire

0,5 ml de la solution carrez I et de carrez II sont ajoutés à 0,5 g d'échantillon pour une défécation de l'échantillon à analyser, avant d'ajuster à 25 ml avec de l'eau distillé et de filtrer. Après 2 ml d'antrone (0,2%) sont ajoutés à 1ml de filtrat. Les tubes sont visés et mis dans un bain-marie à 100°C pendant 10 mn, ensuite refroidis dans un bain de l'eau de robinet puis les absorbances des échantillons sont lues à longueur d'onde à 625 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

### ❖ Expression des résultats

Les résultats sont obtenus en se référant à la courbe d'étalonnage (Annexe 02) réalisée avec du glucose et les sucres totaux ont été exprimé en milligrammes d'équivalents de glucose par gramme d'extrait (mg Glu/g d'extrait).

## II.3. Taux d'humidité

### ❖ Mode opératoire

Une boîte de Petri vide a été pesée à l'aide d'une balance analytique après séchage à l'étuve et refroidissement et son poids a été noté P1. À l'aide d'une spatule, la farine (2g) a été déposé dans la boîte de Petri, puis l'ensemble a été pesé et noté P2. Enfin, la boîte de Petri a été introduite dans une étuve à 103°C pendant 24h, puis refroidie dans un dessiccateur pendant 30 minutes avant de peser l'ensemble (P3) (JORA n°08, 2013).

❖ **Expression des résultats :** Le résultat est exprimé comme suit :

$$H\% = \frac{P2-P3}{P2-P1} \times 100$$

Où :

P1 : Masse de la boîte de Petri vide en gramme (g).

P2 : Masse de la boîte de Petri avec l'échantillon avant séchage (g).

P3 : Masse de la boîte de Petri avec l'échantillon après séchage (g).

H : Humidité (%).

## II.4. Taux de cendres

Les cendres sont obtenues après incinération des prises d'essai à 500°C jusqu'à l'obtention d'une poudre blanchâtre (AFNOR, 1986).

### ❖ Mode opératoire :

Le poids d'un creuset en porcelaine vide a été déterminé à l'aide d'une balance analytique, puis 2g de farine y ont été introduites, l'ensemble a été pesé. On les place l'ensemble dans un four à moufle réglé à 550°C jusqu'à combustion complète de la matière organique et obtention d'un résidu minéral ayant un poids constant. Une fois l'incinération est achevée, le creuset a été refroidi dans un dessiccateur, puis pesé.

### ❖ Expression des résultats :

Le résultat est exprimé comme suit :

$$\text{Taux de cendres (\%)} = (\text{poids des cendres}) / (\text{poids d'échantillon}) \times 100$$

## II.5. Acidité grasse

La mesure de l'acidité grasse est réalisée à l'aide d'un titrage acido-basique. Les acides gras libres sont mis en solution dans l'éthanol à 95% (JORA n° 08, 2013).

### ❖ Mode opératoire :

Une quantité de farine (5g) a été introduite dans un bécher à laquelle ont été additionnés 30ml d'éthanol à 95%. Le bécher a été fermé hermétiquement et soumis à une agitation pendant 1h. Après 2 centrifugations successives, 5 min chacune à une vitesse de 4000tour/min, 10ml du liquide surnageant parfaitement limpide ont été prélevés à l'aide d'une pipette et versés dans une fiole conique auxquels 5 gouttes de phénolphtaléine ont été ajoutées. La titration a été réalisée avec la solution d'hydroxyde de sodium à 0,05N, jusqu'au virage de la couleur rose pâle.

### ❖ Expression des résultats :

L'acidité est exprimée en gramme d'acide sulfurique pour 100g de matière sèche et est calculée par la formule suivante :

$$\text{AG \%} = (\text{NxV1/mxV0}) \times 100$$

V1 : Volume de NaOH (ml) de l'échantillon.

V0 : Volume de surnageant.

m : masse en gramme.

N : Normalité de la solution d'hydroxyde de sodium (0,05 N)

## II.6. PH :

Le pH est déterminé à l'aide d'un pH mètre selon la méthode (AFNOR, 1982) avec quelques modifications. Une prise d'essai de 3 g est ajustée avec l'eau distillée à un volume de 20 ml, l'ensemble a subi une agitation pendant 30 min suivi d'une filtration. Le filtrat récupéré permet de mesurer les valeurs du pH à l'aide d'un pH-mètre.

## II.7. Capacité d'absorption de l'eau

### ❖ Mode opératoire

Pour la capacité d'absorption de l'eau, 1g de farine est introduit dans un tube à centrifugeuse et pesé (me), ensuite 10 ml d'eau ont été ajoutés au tube et l'ensemble a été agité pendant 30 minutes. Une centrifugation à 4000 tr/min pendant 35 minutes a été effectuée, et le surnageant a été écarté et la nouvelle masse est notée (me') (Diomande *et al.*, 2017).

### ❖ Expression des résultats :

La capacité d'absorption d'eau de l'échantillon est déterminée selon la formule suivante :

$$CAE = (me' - me) \times 100 / PE$$

Avec :

me : masse du tube contenant la farine avant centrifugation.

me' : nouvelle masse du tube contenant l'échantillon après centrifugation.

PE : Prise d'essai.

## II.8. Extraction et dosage des composés phénoliques

Les polyphénols font partie des substances photochimiques les plus importantes sur le plan nutritionnel, car ils contiennent principalement des flavonoïdes et des acides phénoliques (Oniszcuk *et al.*, 2019).

### ❖ Mode opératoire

Peser 5g de farine dans un bêcher, ajouter 80ml d'acétone à 80% ensuite laisser macérer. Les composés phénoliques de la farine de légumineuse ont été extraits en mélangeant 5g de

celle-ci avec 80ml d'acétone à 80% et laissé macéré pendant 1 heure. Le mélange est ensuite centrifugé à 5000tour/min pendant 15 minutes. Le surnageant a été récupéré et séché à 37°C dans une étuve ventilée. Après 24h de séchage, l'extrait phénolique a été reconstitué dans de l'éthanol aqueux.

A l'aide d'une pipette 200µl d'extrait ont été prélevés auxquels ont été ajoutés 1ml de réactif de Folin-ciocalteu dilué 10 fois et 0,8ml de carbonate de sodium (7,5%). L'ensemble a été incubé à l'abri de la lumière pendant 30 minutes et l'absorbance a été mesurée à 765nm.

#### ❖ Expression des résultats

La concentration en composés phénoliques de l'extrait est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage (Annexe 03) obtenue en utilisant l'acide gallique préparé dans les mêmes conditions. Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique/g d'extrait sec.

### II.9. Dosage des flavonoïdes

La méthode du trichlorure d'aluminium (**Bahorun et al., 1996**) est utilisée pour évaluer les flavonoïdes. Ce réactif conduit à la formation de complexes acido-résistants entre les hydroxyles et les fonctions cétones voisines et de complexes acido-labiles avec les groupes O-dihydroxyles. L'absorption maximale de ces derniers est de 430 nm et l'intensité est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes récupérée par l'échantillon.

#### ❖ Mode opératoire

La teneur en flavonoïdes des échantillons est déterminée en mélangeant 1ml de l'extrait et 1 ml de solution de chlorure d'AlCl<sub>3</sub> (2%). Après 10 minutes de réaction, l'absorbance est lue à 430nm.

#### ❖ Expression des résultats

Les concentrations en flavonoïdes sont déduites à partir de la gamme d'étalonnage (Annexe 04) établie avec la quercétine, leur lecture est exprimée en milligramme équivalent de quercétine par milligramme d'extrait sec (mg EQ/mg ES).

### II.10. Temps optimal de cuisson (TOC)

Un échantillon de pâte est plongé dans l'eau distillée préalablement chauffée jusqu'à ébullition sans addition du sel et sans stopper l'ébullition. Toutes les 15s, un morceau de pâte est prélevé puis immédiatement écrasé entre deux plaques de verre.

Le temps optimal de cuisson correspond au temps nécessaire pour la disparition de la partie blanche centrale (Marti *et al.*, 2013).

## II.11. Indice de Gonflement (IG)

Le gonflement est défini comme étant le gain de poids des pâtes pendant la cuisson et indique la quantité d'eau absorbée. Ceci est donc un indice sur la capacité de l'absorption d'eau de la pâte alimentaire (Marti *et al.*, 2013).

### ❖ Mode opératoire :

10 g d'échantillons de pâte ont été cuits dans 100 ml d'eau distillée, préchauffée à ébullition au temps de cuisson optimal. Les pâtes cuites sont égouttées puis pesées. L'Indice de gonflement (IG) est calculé en utilisant l'équation suivante :

$$\text{IG (g pour 100g de pate sèche)} = \frac{(\text{poids de la pâte cuite} - \text{poids de la pâte non cuite}) \times 100}{\text{Poids de la pâte non cuite}}$$

## III. Analyses microbiologiques

Ces analyses ont été réalisées sur le produit fini, c'est-à-dire les pâtes alimentaires élaborées. Pour un examen microbiologique, la suspension mère et les dilutions décimales sont préparées pour réduire le nombre de micro-organismes par unité de volume.

### ❖ Mode opératoire :

#### Préparation des dilutions décimales

Une série de tube contenant chacun 9 ml d'eau physiologique stérile étiquetée de  $10^{-1}$  à  $10^{-3}$  pour chaque échantillon a été préparée et répartie aseptiquement à l'aide d'une micropipette 1 ml de la solution mère dans 1<sup>er</sup> tube de la série préparée précédemment on obtiendra donc la 1ere dilution de concentration 1/10 ou  $10^{-1}$ , puis prélever en suite 1 ml de la dilution  $10^{-1}$  et la portée dans le 2ème tube de l'eau physiologique, ensuite on obtiendra donc la 2<sup>ème</sup> dilution à 1/100 ou  $10^{-2}$  de concentration, on procède de la façon jusqu'à l'obtention de la dilution 1/1000 ou  $10^{-3}$  (J.O.R.A, 2016).

### III.1. Recherche et dénombrement des moisissures

Les moisissures sont des champignons filamenteux, aérobie, acidophile (pH=3à 7 et mésophile), qui sont développés sur les aliments à faible activité d'eau (JORA n°35/1998).

#### ❖ **Mode opératoire :**

A partir des dilutions décimales allant de  $10^{-1}$  à  $10^{-3}$ , 1 ml a été déposé aseptiquement dans des boîtes de Pétri vide, préparées à cet usage et numérotées. Celles ont été ensuite complétées avec 12 à 15 ml de gélose OGA fondue puis refroidie à  $45\text{ °C}\pm 1$ .

Afin de permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose utilisée, des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de (8) ont été réalisés. Les boîtes ont été finalement incubées à  $25\text{ °C}$  pendant 72h.

#### ❖ **Expression des résultats :**

Le dénombrement consiste à compter toutes les colonies ayant poussé sur les boîtes en tenant compte des facteurs suivants :

- Ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 150 colonies.
- Faire ensuite la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes dilutions.
- Multiplier le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution.

### **III.2. Recherche des spores de Clostridium sulfito-Réducteurs**

#### ❖ **Mode opératoire :**

Après avoir refroidi un flacon de gélose de VF dans un bain d'eau à  $45\text{ °C}$ , ajouter une ampoule d'alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium, mélanger soigneusement et aseptiquement. Le milieu est ainsi prêt à l'emploi, mais il faut le maintenir dans une étuve à  $45\text{ °C}$  jusqu'à l'utilisation (**ISO 66 49**).

#### **Inoculation :**

Les tubes contenant les dilutions  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  seront soumis, d'abord à un chauffage dans un bain marie à  $80\text{ °C}$  pendant 8 à 10 min, puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet. Après ces dilutions, mettez 1 ml de chaque dilution en double dans deux tubes à vis. Ajouter environ 15 ml de gélose VF dans chaque tube. Laisser solidifier sur la paillasse pendant 30 min, incuber les tubes à  $37\text{ °C}$  pendant 16, 24 et 48 heures.

La première lecture doit se faire à 16 h.

- Il faut absolument repérer toute colonie noir ayant poussé en masse et d'un diamètre supérieur à 0.5mm.
- Dans le cas où il n'y a pas de colonies caractéristique ré-incuber les tubes et effectué une deuxième lecture au bout de 24 h et 48h.

## IV. Préparation de pâte

Pour la préparation de la pâte sans gluten, différents ingrédients ont été achetés du marché local à savoir le riz, les œufs, les épinards, l'ail et le sel ont été mélangés à la farine de légumineuse (pois chiche, fève et lentille). Après plusieurs essais infructueux, nous avons réussi à fixer la quantité des différents ingrédients (tableau VII).

**Tableau VII :** Quantité d'ingrédients utilisée pour la réalisation de la recette.

Ingrédients	Quantité utilisée pour 100g de farine
Farine de pois chiche	24g
Farine de fève	23g
Farine de lentille	23g
Farine du riz	30g
Œufs	1œuf (48g pour la pâte sans la purée des épinards et 20g d'œuf pour la pâte avec la purée des épinards)
Ail	0,2g
Sel	1g

### IV.1. Méthode d'élaboration

Les farines de légumineuses et la farine du riz sont pesées à l'aide d'une balance, 24g du pois chiche, 23g de fève, 23g de lentille et 30g du riz puis les farines sont mélangées ensemble dans un récipient, Ensuite 1g du sel sont ajoutés suivi du 0,2 g d'ail. Après 1 œuf (48g) battu est ajouté (dans le cas des pâtes sans gluten avec d'épinard, 20g d'œuf et 20 de la purée d'épinard sont ajoutées). Ainsi, la pâte est pétrie doucement, car elle ne contient pas de gluten pendant quelques minutes, jusqu'à obtenir une pâte lisse et homogène, ensuite la pâte est couverte avec un papier alimentaire et laissée là reposer 5 minutes. Ensuite, la pâte est aplatie à l'aide d'une machine à pâtes jusqu'à obtenir une épaisseur d'environ 2 mm, et enfin la pâte est découpée en forme rectangulaire (environ 1,5 cm de large et 2 cm de long), façonnée à la main en forme de papillon et séchée dans une étuve (figure 08).



**Figure 08 :** Pâtes élaborées

## **IV.2. Analyse sensorielle**

L'analyse sensorielle a été réalisée par un jury composé de 10 dégustateurs expert. Ce test a été mené dans le laboratoire de l'analyse sensorielle de l'université de Bejaïa. Trois échantillons des pâtes ont été présentés aux dégustateurs simultanément, codés avec des nombres aléatoires à trois chiffres (154 est codé pour les pâtes du blé (PB), 419 est codé pour les pâtes sans gluten des légumineuses (PL) et 202 pour les pâtes sans gluten des légumineuses et d'épinard (PLE)).

Les dégustateurs ont été invités à compléter un questionnaire préalablement préparé, ce qui a permis d'analyser plusieurs caractéristiques organoleptiques, telles que l'apparence (aspect visuel et couleur), la texture, l'odeur, le goût et arrière-goût, la fermeté, et enfin une note d'appréciation générale a été attribuée (Annexe 05).

### **❖ Expression des résultats**

Les résultats sont illustrés sur un histogramme déterminant le pourcentage de l'appréciation des dégustateurs des trois pâtes codées élaborées.

## *Résultats et discussion*

## I.1. Teneur en humidité, taux de cendres, sucres totaux, protéines, pH et acidité grasse

Les résultats des analyses réalisées sur la teneur en humidité, en cendres, en sucres totaux et en protéines, pH et l'acidité grasse sont récapitulés dans le tableau VIII :

**Tableau VIII** : Résultats des analyses réalisées sur la farine de légumineuse et du riz.

Paramètres	FP	FF	FL	FR
Teneur en humidité(%)	10,90±0,03	9,63±0,02	11±0,02	11,73±0,005
Taux de cendres(%)	2,98	3,36	2,38	1,24
Sucres totaux (mg/g)	87,8±0,6	116,6±1,4	73,8±0,5	13,76±0,6
Protéines (%)	22,9±0,75	26,95±0,12	24,76±0,485	6,95±0,12
pH	6,4	6,3	6,1	5,9
Acidité grasse(%)	0,05±0,01	0,04±0,01	0,03±0,01	0,05±0,01

(FP farine de pois chiche, FF farine de fève, FL farine de lentille et FR farine du riz).

### ✓ Teneur en humidité

La teneur en humidité d'un aliment est un paramètre critique qui détermine les conditions de stockage : des valeurs plus faibles entraîneront une durée de conservation plus longue du produit (Hădărugă *et al.*, 2016). En outre, la teneur en humidité de la farine peut jouer un rôle important dans le comportement d'hydratation (Tas *et al.*, 2022).

La teneur en eau de nos farines est de l'ordre de 10,90%, pour la farine de pois chiche, de 9,63% pour la farine de fève, 11% pour la farine de lentilles et 11,73 % pour la farine de riz. Ces valeurs sont inférieures à la teneur maximale donnée par le **CODEX STAN 171-1989** qui est de 16 %, ce serait en faveur d'une longue période de conservation de la farine.

Plus la teneur en eau de la farine est élevée, moins il est possible d'en ajouter au pétrissage. À l'inverse, plus la farine est sèche, plus elle absorbe d'avantage d'eau à la préparation.

### ✓ Taux de cendres

Le taux de cendres de farine de pois chiche est de 2,98%, cette teneur est très proche de celle trouvée par **Vinod *et al.* (2023)** qui est de 2,82%, et est supérieure à celle trouvée par **Dhillon *et al.* (2022)**, qui est de 2,79%.

Ainsi, la farine de fève présente un taux de cendres de 3.36 %, cette teneur est très proche de celle donnée par **Aykroyd et Doughty, (1982)** qui est de 3.4 %, et supérieure à la valeur estimée par **Kumar *et al.* (2022)** qui est de 2.56 %.

La farine de lentilles présente un taux de cendres de 2,38 %, cette valeur est très proche à celle signalée par **Ko *et al.* (2017)** qui est de 2.42 %, et inférieure à la valeur donnée par **Koubaier *et al.* (2015)** qui est de 2.70 %.

Quant à la farine de riz, il est plutôt faible de l'ordre de 1,24 % mais ce taux reste proche de l'intervalle de 0.48–1.23% donné par **Jamal *et al.* (2016)**.

### ✓ Teneur en protéines

La teneur en protéines des farines de légumineuses varie entre 22,9 et 26,95%. La farine de fèves présente la valeur la plus élevée, suivie par la farine de lentille et de pois chiche, respectivement.

La farine de pois chiche présente un taux de protéines de 22,9%, ce taux se situe dans l'intervalle de 12,4-30,6 % donné par **Gueguen et Lemarie, (1996)** et est supérieure à la valeur estimée par **Schakel *et al.* (2004)** qui est de 22,22 %.

La teneur en protéines de la farine de fèves est de 26,95 %. Cette valeur se situe dans l'intervalle donné par **Sathya et Devi, (2018)** qui est de 20 – 41% mais supérieure à celui donné par **El Sayed *et al.* (1982)** qui est de 24 %.

Notre farine de lentilles a enregistré une valeur en protéines de 24,76%, cette teneur proche de la valeur donnée par **Aykroyd *et al.* (1989)** qui est de 24,2% et inférieure à la valeur signalée par **Zhou *et al.* (2013)** qui est de 25,8%.

Concernant la farine de riz, la teneur en protéines qui est de 6,48 %, ce résultat proche de celui trouvé par **Benatallah, (2009)** qui est de 6,6% et est inclus dans l'intervalle 6,3 – 7,1 % proposé par **Vierling, (2008)**.

### ✓ Sucres totaux

Ils représentent une faible quantité mais ils jouent un rôle important dans la fermentation de la pâte.

La farine de pois chiche présente une valeur de 87,8mg/g de sucres totaux, ce qui est inférieur à la valeur donnée par **Vinod *et al.* (2023)** qui est de 108 mg/100g.

Notre farine de fèves présente une valeur de 116,6mg/g, ce qui est supérieur à la valeur signalée par **Naivikul et d'Appolonia, (1978)** qui est de 49,9mg/100g.

La farine de lentilles présente une valeur de 73,8 mg/g de sucres, ce qui est supérieure à la valeur donnée par **Naivikul et d'Appolonia, (1978)** qui est de 60,8 mg/100g.

Concernant la farine de riz, elle ne contient que 13,76 mg/g de sucres, cette valeur est supérieure à l'intervalle de 4,2–8,8 estimé par **Muttagi et Ravindra, (2020)**.

### ✓ PH

Le pH joue un rôle important dans la préservation de la qualité des produits (**MAPAQ, 2018**).

Au pH neutre, la plupart des microorganismes se trouvent dans les conditions optimales de survie (**Nout *et al.*, 2003**). Les farines étudiées (farine de pois chiche, farine de fève, farine de lentille et farine de riz) enregistrent des valeurs de pH respectivement de 6,4 ; 6,3 ; 6,1 et 5,9. Ces valeurs sont acceptables et elles sont proches de la neutralité.

### ✓ Acidité grasse

L'acidité de la farine est due aux matières grasses transformées en acides gras par son vieillissement qui s'accroît au cours d'un long stockage.

Nos farines ont enregistré une acidité très faible de 0,05% pour le pois chiche, 0,04% pour la fève, 0,03% pour la lentille et 0,05% pour le riz. Ces taux sont similaires au taux maximal obtenu par **Feillet, (2000)** qui est de 0,05%.

Par ailleurs, ces résultats sont inférieurs à la norme maximale de l'acidité grasse fixée par le ministère de l'agriculture algérienne (2009) pour la farine de blé qui est de 0,06%.

## I.2. Teneur en composés phénoliques et en flavonoïdes

**Tableau IX :** Résultats de la teneur en composés phénoliques et en flavonoïdes.

Paramètres	FP	FF	FL	FR
<b>Composés phénoliques (mgEAG/gES)</b>	0,64±0,03	1,96 ±0,21	3,07±0,06	0,28±0,04
<b>Teneur flavonoïdes (mgEQ/gES)</b>	0,39±0,036	1,72±0,5	2,81±0,5	1,28±0,5

### ✓ Polyphénols totaux

L'étude de notre farine de pois chiche a révélé une teneur en composés phénoliques de 0,64mg équivalent d'acide gallique par g d'extrait sec, ce qui est inférieur à l'étude **Xu et al. (2007)** ont donné une teneur en composés phénoliques de 0,98 mg équivalent d'acide gallique par g d'extrait sec.

La teneur en composés phénoliques de la farine de fève est de 1,96 mg équivalent d'acide gallique par g d'extrait sec, ce qui est inférieur à la valeur donnée par **Dhull et al. (2022)** qui est de 2.9 mg équivalent d'acide gallique par g d'extrait sec.

La farine de lentilles a révélé une valeur de 3,07 mg équivalent d'acide gallique par g d'extrait sec, cette valeur se situe dans l'intervalle donné par **Xu et Chang, (2007)** qui est de 1,02 – 7,53 mg équivalents d'acide gallique par g d'extrait sec.

Par contre, la farine de riz a enregistré seulement 0,28 mg équivalent d'acide gallique par g d'extrait sec, cette valeur est inférieure à l'intervalle donné par **Qadir et Wani, (2023)** de 4,40 – 6,40 mg équivalent d'acide gallique par g d'extrait sec de riz brun.

### ✓ Flavonoïdes totaux

Notre farine de pois chiche a enregistré une valeur de 0,39 mg équivalent de quercitine par gramme d'extrait sec qui est incluse dans l'intervalle 0,18-3.16 mg équivalent de quercitine par gramme d'extrait sec proposé par **Xu et Chang, (2007)** et

inférieure à l'étude **Zia-Ul-haq et al. (2008)** qui ont rapporté une teneur en flavonoïdes de 0,79 mg EQ par g d'extrait sec.

La farine de fève dont le tégument est éliminé a révélé une valeur de 1,72 mg équivalent de quercitine par gramme d'extrait sec, qui est inférieure à la valeur signalée par **Pasricha et al. (2014)** qui est 7.814 mg équivalent de quercitine par gramme d'extrait sec.

La teneur en flavonoïdes de la farine des lentilles a enregistré une valeur de 2,81 mg équivalent de quercitine par gramme d'extrait sec, cette valeur est légèrement plus élevée que la valeur trouvée par **Xu et Chang, (2007)** qui est de 2,21 mg équivalent de quercitine par gramme d'extrait sec, et est inférieure à la valeur signalée par **Xu et al. (2007)** qui est de 4,54 mg équivalent de quercitine par gramme d'extrait sec.

### I.3. Capacité d'absorption de l'eau

La capacité d'absorption de l'eau de la farine (tableau X) joue un rôle important dans le processus de préparation des produits alimentaires, car elle influence d'autres propriétés fonctionnelles et sensorielles (**Dhillon et al., 2022**).

**Tableau X** : Résultats de la capacité d'absorption de l'eau.

Paramètres	FP	FF	FL	FR
<b>Capacité d'absorption d'eau (ml/100g)</b>	122,1	187,6	136,8	154,76

Notre farine de pois chiche présente une capacité d'absorption d'eau de 122 ml/100 g, ce résultat est inférieur à celui trouvé par **Solnake et al. (2021)** qui est de 221 ml/100 g.

La farine de fève présente une capacité d'absorption d'eau de 187,6 ml/100 g, ce résultat est proche de celui trouvé par **Kumar et al. (2022)** qui est de 202 ml/100 g.

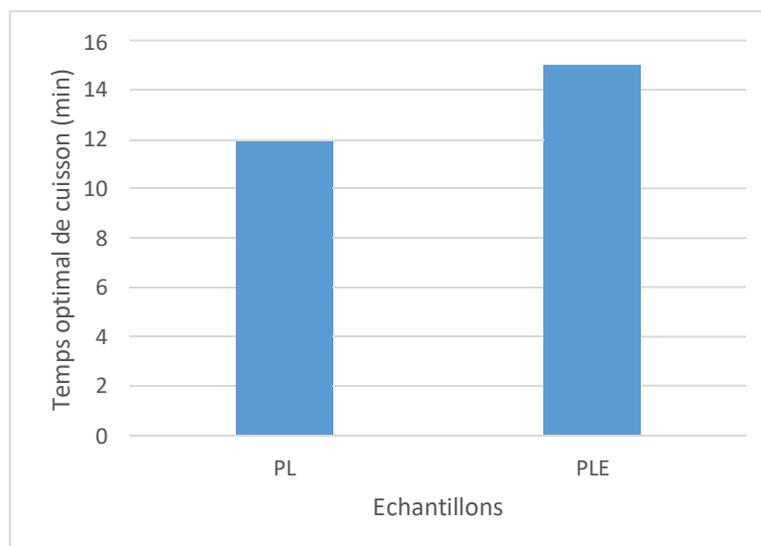
L'étude de notre farine de lentille a enregistré une valeur de 136,8 ml/100 g, ce résultat est supérieur aux valeurs 117 et 128 ml/100 g publiées par **Varsha et Grewal, (2014)**.

Concernant la farine de riz, elle présente une capacité d'absorption d'eau de 154,76 ml/100 g, ce résultat est inférieur à celui trouvé par **Kakar *et al.* (2009)** qui est de 171,53 ml/100 g.

La farine de blé qui contient entre 7 % et 17 % de gluten a une capacité d'absorption environ deux fois son poids en eau. Plus il y a de protéines ou de gluten, plus l'absorption d'eau est importante ce qui concorde avec les résultats du taux de protéines.

#### I.4. Détermination du temps optimal de la cuisson des pâtes fabriquée

La détermination du temps de cuisson optimal (figure 09) est une étape essentielle dans l'évaluation des pertes à la cuisson (extinction). Lorsque Lors de l'écrasement des pâtes entre deux plaques en verre, une épaisse ligne blanche apparaîtra deux à trois minutes après la cuisson. Passé ce délai, la ligne blanche disparaît progressivement jusqu'à disparaître complètement (**AACC, 2000**).

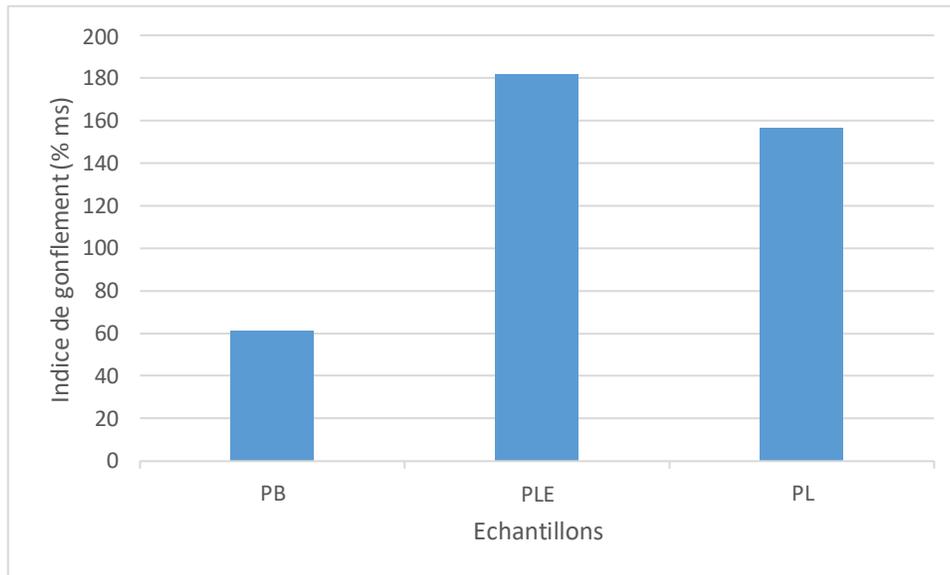


**Figure 09** : Histogramme déterminant le temps optimal de cuisson des pâtes élaborées

Le temps optimal de cuisson des pâtes alimentaires sans gluten à base de légumineuses seules est de 12 minutes et de 15 minutes pour les pâtes à base de légumineuses et épinard.

Nos résultats sont en accord avec les résultats trouvés par **Marti *et al.* (2013)** pour des pâtes sans gluten à des intervalles allant de 9 à 15 min.

### I.5. Détermination de l'indice de gonflement



**Figure 10 :** Histogramme déterminant l'indice de gonflement des pâtes élaborées.

D'après les résultats obtenus, il existe une différence pour l'indice de gonflement, entre les pâtes sans gluten et les pâtes au blé (181,87 % ms, 156,26 % ms pour les pâtes sans gluten et 61,11 % ms pour les pâtes au blé).

Les résultats obtenus peuvent être interprétés en se référant au comportement d'absorption d'eau de la protéine de pois chiche, où les protéines de légumineuses ont été signalées comme ayant des capacités d'absorption d'eau élevées (**Alsohaimy *et al.*, 2007**). Ces résultats sont en accord avec **Kaur *et al.* (2013)**, qui ont également déclaré que la taille des particules augmente l'absorption d'eau et l'expansion du volume des pâtes, ce qui conduit à une plus grande capacité d'hydratation.

## I.6. Résultats des analyses microbiologiques

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus de l'analyse des pâtes alimentaires et les normes guides spécifique du JORA (Journal Officiel de la République Algérienne) comme référence (tableau XI).

**Tableau XI :** Résultats des analyses microbiologiques.

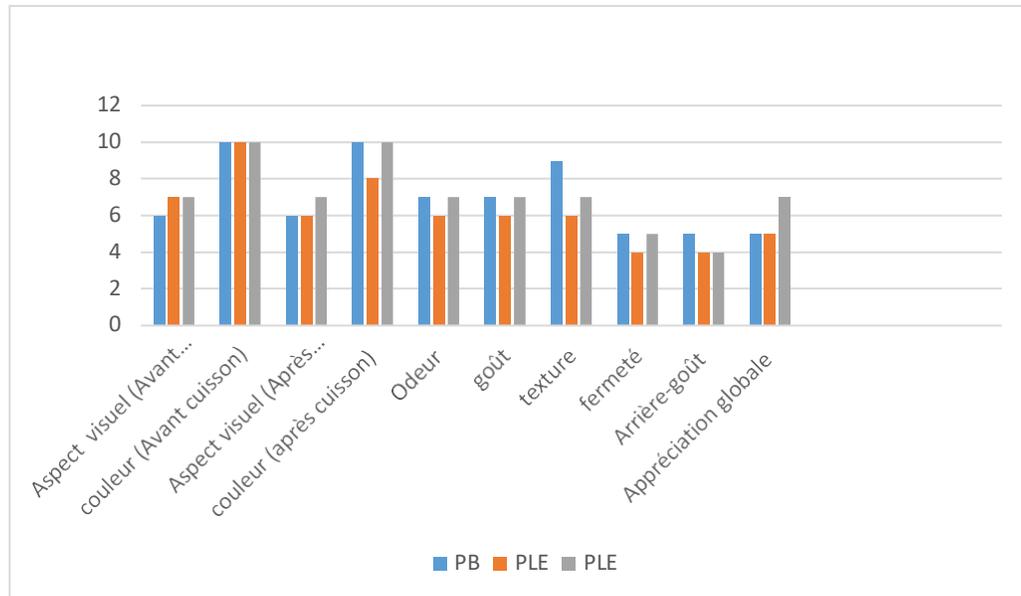
Échantillons		Résultats	Limites microbiologiques	
Pâtes au gluten à base de blé	Levures UFC/g	50	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
	Moisissures UFC/g	<15		
	Anaérobies sulfito-réducteur UFC/g	Absence	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
Pâtes sans gluten à base de légumineuses	Levures UFC/g	35	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
	Moisissures UFC/g	<15		
	Anaérobies sulfito-réducteurs UFC/g	Absence	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
Pâtes sans gluten à base de légumineuses et épinards	Levures UFC/g	48	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
	Moisissures UFC/g	<15		
	Anaérobies sulfito-réducteurs UFC/g	Absence	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>

On observe l'absence totale des germes anaérobies comme les Clostridium sulfito-réducteurs dans les pâtes au blé et sans gluten et des valeurs faibles de levures et moisissures ; pour les moisissures on a des UFC inférieures à 15 dans les trois pâtes et pour les levures (50ufc /g pour les pâtes au blé, 35ufc /g pour les pâtes sans gluten aux légumineuses et 48ufc /g pour les pâtes aux légumineuses et épinards.

Ces derniers sont au-dessous des normes préconisées par **JORA n°39, (2017)**.

## I.7. Résultats de l'analyse sensorielle :

Les résultats de l'analyse sensorielle sont illustrés dans la figure 11 :



**Figure 11 :** Histogramme des résultats de l'analyse sensorielle et le pourcentage de l'appréciation des dégustateurs des trois pâtes élaborées.

Avant la cuisson, les résultats obtenus montrent que 6 personnes trouvent l'apparence visuelle de l'échantillon (PB) à base de la farine de blé attirant, tandis que 7 personnes trouvent que les échantillons (PLE) et (PL) à base de la farine de légumineuses et d'épinard et l'autre à base de légumineuses seulement respectivement sont attirants. Pour la couleur, les résultats montrent que 10 personnes trouvent que la couleur des échantillons (PB), (PLE) et (PL) sont : beige, vert foncé et marron claire respectivement.

Après la cuisson, les résultats obtenus montrent que 6 personnes trouvent l'apparence visuelle des échantillons (PB) et (PLE) attirante, tandis que 7 personnes trouvent que l'échantillon (PL) est attirant. Pour la couleur, les résultats montrent que 10 personnes trouvent que la couleur d'échantillon (PB) est blanche et l'échantillon (PL) est crevette rose et 8 personnes qui trouvent que l'échantillon (PLE) est vert clair.

Pour l'odeur, 7 personnes ont indiqué que l'odeur de l'échantillon (PB) et (PL) sont faibles et 6 personnes ont indiqué que l'odeur de l'échantillon (PLE) est faible aussi.

Le goût, les trois échantillons ont un goût acceptable, 7 personnes ont indiqué que les échantillons (PB) et (PL) présentent un goût acceptable et 6 personnes ont indiqué que l'échantillon (PLE) présente un goût acceptable.

Pour la texture, les résultats montrent que l'échantillon (PB) à base de la farine de blé est lisse par rapport aux échantillons (PLE) et (PL) à base de légumineuses et d'épinard et à base de légumineuses seulement respectivement, on retrouve 9 personnes qui ont indiqué que l'échantillon (PB) est lisse contre 6 et 7 personnes qui ont indiqué que les échantillons (PLE) et (PL) sont lisses respectivement, pour les pâtes la texture lisse est la plus appréciée chez les consommateurs.

En ce qui concerne la fermeté, 5 personnes ont indiqué que les échantillons (PB) et (PL) sont ferme et 4 personnes ont indiqué que l'échantillon (PLE) est ferme.

L'analyse de l'arrière-goût a montré que 5 personnes ont indiqué la présence d'un arrière-goût dans l'échantillon (PB) contre 4 personnes qui ont indiqué la présence d'un arrière-goût dans les échantillons (PLE) et (PL).

En ce qui concerne l'appréciation générale, les trois échantillons sont bien appréciés par les dégustateurs, mais on retrouve que l'échantillon (PL) à base de la farine de légumineuse est plus apprécié, où 7 personnes ont donné une note générale supérieure à 7 sur 9 pour l'échantillon (PL) et 5 personnes ont donné une note générale supérieure à 7 sur 9 pour les échantillons (PB) et (PLE).

En fin, on peut conclure que les pâtes à base de légumineuse ont montré des caractéristiques organoleptiques acceptables et ont été bien appréciées par l'ensemble des dégustateurs.

# *Conclusion*

# Conclusion

L'objectif de ce travail est de formuler des pâtes alimentaires sans gluten à base de légumineuses produites localement destinées aux malades cœliaques, en testant la faisabilité technologique de la farine de pois chiche, farine de fève et la farine de lentille pour fabrication de ce produit alimentaire.

Les légumineuses ont été choisies en raison de leur richesse nutritionnelle, notamment en protéines, fibres, vitamines et minéraux, ainsi que de leur disponibilité locale et de leur prix raisonnable.

La caractérisation physico-chimique des matières premières indique que les farines de légumineuses utilisées ont une faible teneur en eau (10,90 % pour la farine de pois chiche, 9,63 % pour la farine de fève et 11 pour la farine de lentille) ce qui permet de la conserver longtemps. Elles sont de bonne source en protéines (22,9 % pour la farine de pois chiche, 26,95 % pour la farine de fève et 24,76 % de la farine de lentille), en sucres totaux (116,6 mg/g pour la fève et 87,8 mg/g pour le pois chiche et 73,8 mg/g pour la lentille), les minéraux de (2,98 % la farine de pois chiche, 3,36 % pour la farine de fève et 2,28 % de la farine de lentille).

L'évaluation de la teneur en antioxydants de la farine des légumineuses (teneur en composés phénoliques et flavonoïdes), a montré une teneur en EAG de 0,64 mg/g ES pour la farine de pois chiche, 1,96 mg/g ES pour la farine de fève, 3,07 mg/g ES pour la farine de lentille pour les composés phénoliques et une teneur de 0,39 mg EQ/g pour la farine de pois chiche, 1,72 mg EQ/g pour la farine de fève, 2,81 mg/g ES pour la farine de lentille pour les flavonoïdes. De plus, la capacité d'absorption d'eau est déterminée afin de comprendre la quantité maximale requise pour la réhydratation et/ou l'ajout à la farine.

De plus, les résultats des analyses microbiologiques ont montré l'absence de risques d'intoxication des consommateurs, et le test de dégustation a montré que la recette à base de

légumineuse est la mieux appréciée par le jury de dégustation, avec un goût acceptable (70 %), une odeur agréable (70 %), une forme présentable et une texture lisse (70 %).

En fin de compte, l'utilisation des farines de légumineuse pour l'élaboration de produits alimentaires locaux pour les malades cœliaques permet de réduire la dépendance vis-à-vis du marché extérieur, et des perspectives pour le développement de produits alimentaires locaux sans gluten sont ouvertes.

En terme de perspective, ce travail mériterait d'être complété par :

- La détermination des autres caractéristiques physico-chimiques (teneur en amidon, en acides aminés et en fibres) ;
- Etude de la faisabilité d'autres rapports de haricot, pois... ;
- Étude du comportement rhéologique des pâtes élaborées ;
- L'investigation d'autres améliorants naturels ;
- Le contact industriel en vue de l'industrialisation des produits sans gluten à base de farine de pois chiche, fève et de lentille afin d'améliorer et de diversifier l'alimentation des malades cœliaques.

***Références  
bibliographiques***

## Références bibliographiques

### A

**Abecassis, J., Abbou, R., Chaurand, M., Morel, M., Vernoux, P. (1994).** "Influence of extrusion conditions on extrusion speed, temperature, and pressure in the extruder and on pasta quality." *Cereal Chemistry*, 71, 247-253.

**AFNOR, (1982).** "Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits." AFNOR 325.

**AFNOR, (1986).** Directive générales pour le dosage de l'azote avec minéralisation selon la méthode de Kjeldahl. In : Produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits. Ed. LavoisierTec et Doc, Paris, 36-41.

**Alais, D., et Burr, D. (2003).** "The "flash-lag" effect occurs in audition and cross-modally." *Current Biology*, 13(1), 59-63p.

**Alsohaimy, S. A., Sitohy, M. Z., El-Masry, R. A. (2007).** Isolation and partial characterization of chickpea, lupine and lentil seed proteins.

**American Association of Cereal Chemists. Approved Methods Committee. (2000).** Approved methods of the American association of cereal chemists (Vol. 1). American Association of Cereal Chemists.

**Aykroyd W., Doughty Y. (1982).** Les graines de légumineuses dans l'alimentation humaine. 2ème édition N°20 FAO Rome. ISBN 978-92-5-201181-1 P 152.

### B

**Bahorun T., Gressier B., Trotin F., Brunet C., Dine T., Luyckx M., Pinkas M. (1996).** Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneimittel-forschung*, 46(11), 1086-1089

**Bai, J. C., Fried, M., Corazza, G. R., Schuppan, D., Farthing, M., Catassi, C., ... Gonvers, J. J. (2012).** Maladie coeliaque. World Gastroenterology Organisation Global Guidelines.

**Bascuñán, K. A., Vespa, M. C., Araya, M. (2017).** Celiac disease: understanding the gluten-free diet. *European journal of nutrition*, 56, 449-459.

**Battu.C. (2017).** L'accompagnement nutritionnel d'un patient souffrant d'une maladie cœliaque. *Actualité pharmaceutique*, 567 :55-58.

**Belitz, H.-D., Grosch, W., Schieberle, P. (2009).** Food chemistry, 4th revised and extended. Springer Science & Business Media, 401-412.

**Benatallah (2009).** Couscous et pain sans gluten pour malades coeliaques : aptitude technologique de formules à base de riz et de légumes secs. Thèse de Doctorat d'état en science Spécialité: Sciences alimentaires. INATAA. Université Mentouri-Constantine.

**Boudreau A., Menard G., (1992).** Le blé : éléments fondamentaux et transformation. Ed. Les presses de l'université de Laval. Québec. p. 131.

**Boukezoula, F., Khalida, A. B. L. A., Zidoune, M. N. E. (2015).** La maladie cœliaque à Tébessa (Algérie): Evolution de la prévalence entre 2000 et 2014. *Annales des sciences de la santé*, 1(1), 13-19.

**Bouteloup. C. (2016).** Les Pathologies Digestives Lié au Blé ou au gluten : Certitude et doutes. Cahier de Nutrition et de Diététique, 51(05): 248-258.

**Brennan C.S., Tudorica C.M., (2007).** Fresh pasta quality as affected by enrichment of non starch polysaccharides. *Journal of Food Science*.72(9).659-665 p.

**Brink M., Belay G. (2006).** Ressources végétales de l'Afrique tropicale 1. Céréales et légumes secs. Fondation Prota/Wageningen, Pays-Bas, 102p.

**Bustos, M. C., Perez, G. T., Leon, A. E. (2015).** Structure and quality of pasta enriched with functional ingredients. *Rsc Advances*, 5(39), 30780-30792.

## C

**Calado, J., Verdelho Machado, M. (2022).** Celiac disease revisited. *GE-Portuguese Journal of Gastroenterology*, 29(2), 111-124.

**Chaieb L., Antal A., Paulus W. (2011).** Transcranial alternating current stimulation in the low kHz range increases motor cortex excitability. *Restorative neurology and neuroscience*, 29(3), 167-175.

**Chichaybelu, M., Geleta, T., Girma, N., Fikre, A., Eshete, M., Ojiewo, C. O. (2018).** Innovative partnership approach to chickpea seed production and technology dissemination: lessons from Ethiopia. *Ethiopian Journal of Crop Science*, 6(2), 1-18.  
Coeliaque.

## D

**Dajoz, R. (2000).** Eléments d'écologie. Bordas. Paris, 5ème édition. 540p.

**Day, L. (2013).** Proteins from land plants—potential resources for human nutrition and food security. *Trends in Food Science & Technology*, 32(1), 25-42.

**De Vita, O. Z. (2009).** Voyage In The Pasta Universe: The Reasons For This Research. In "Encyclopedia of Pasta", pp. 1-12. University of California Press.

**Dhillon, N. K., Toor, B. S., Kaur, A., Kaur, J. (2022).** Characterization and evaluation of yellow pea flour for use in 'MissiRoti' a traditional Indian flat bread in comparison with Desi chickpea flour. *Pharma Innov*, 11, 58-64.

**Dhull, S. B., Kidwai, M. K., Noor, R., Chawla, P., Rose, P. K. (2022).** A review of nutritional profile and processing of faba bean (*Vicia faba* L.). *Legume Science*, 4(3), e129.

**Diomande, M., Koko, A. C., Kouame, K. B., Beugre, G. A. M., Bohoua, L. G. (2017).** Evaluation des propriétés fonctionnelles et activité antioxydante d'amandes de mangue produites en Côte d'Ivoire. *International Journal of Advancements in Research&Technology*, 6(11), 6-29.

**Dreywood, R. (1946).** Qualitative test for carbohydrate material. *Industrial & Engineering Chemistry Analytical Edition*, 18(8), 499-499.

**Dupuis R. 2017.** Quels sont les facteurs associés à une meilleure qualité de vie chez les patients avec maladie cœliaque ? résultats d'une enquête portant sur 787 cas. Thèse de doctorat d'état, université de Bordeaux, 91p.

## E

**El Feggoun, L. B. B. (2009).** Couscous et pain sans gluten pour malades cœliaques: aptitude technologique de formules à base de riz et de légumes secs (Doctoral dissertation, Université de la Rochelle).

**El Seyed, M., Hegazy, A. (1982).** Effect of germination on the carbohydrate, protein and amino acid contents of board beans. *ZEITSCHFT fur emhrungswssenschait*, band13, heft4, 200-203.

**Fadinho, P, Sousa, I, Raymundo, A,** Functional and thermorhéological properties of rice flour gels for gluten- free pasta applications, (2018), 1349-017, 12 pages.

## F

**FAO, (1996).** Céréales, légumes secs légumineuses, produits dérivés et protéines végétales.

**FAO. 2001.** Légumineuses. FAO/SMIAR. Perspectives de l'alimentation N°4. 15 p.

**Fatima, F. B., & Nasser-Eddine, Z. M. (2016).** Le régime sans gluten en Algérie : observance, difficultés et problèmes d'application chez les malades cœliaques. *Annales des sciences de la santé*, 1(6), 12-20.

**Feillet P., 2000.** Le grain de blé, composition et utilisation, Paris : 303.

**Feillet, P. (1986).** L'industrie des pâtes alimentaires : technologies de fabrication, qualite des produits finis et des matieres premieres. *Aliment*, 979-998.

**Fikre, A., Bekele, D. (2019).** Chickpea breeding and crop improvement in Ethiopia: past, present and the future. *Universal Journal of Agricultural Research*, 8(2), 33-40.

**Foster-Powell, K., Holt, S. H., Brand-Miller, J. C. (2002).** International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *The American journal of clinical nutrition*, 76(1), 5-56.

## G

**Getachew, M., Admassu, H. (2020).** Production of pasta from Moringa leaves \_ oat \_ wheat composite flour. *Cogent Food & Agriculture*, 6(1), 1724062.

**Gnanasambandam A., Jeff Paull, Ana Torres A., Kaur S., Leonforte T., Haobing L., XuxiaoZong X., Yang T., Materne M., (2012).** Impact of molecular technologies on Faba bean (*vicia faba* L.) Breeding Strategies. *Agronomy*, 2(3), 132–166.

**Gómez, M., S Sciarini, L. (2015).** Gluten-free bakery products and pasta. *OmniaScience Monographs*.

**Gordon, M. M. (2004).** Haricots secs: Situation, Prospective et Agroalimentaire. Canada, pp1-7.

**Grusak A. (2005).** Legumes, Editor(s): Benjamin Caballero, Encyclopedia of Human Nutrition (Second Edition), Elsevier, 2005, Page 120 -126, Isbn 9780122266942.

**Guenguen, J., Lemarie, J. (1996).** Composition, structure, et propriétés physicochimiques de légumineuses et d'oléagineux. In, Godon, B. Les protéines végétales. Lavoisier Tec et Doc. Paris: 80-110. 666p.

## H

**H., Chang S. K. C. (2007).** Comparative analyses of phenolic composition, antioxidant capacity, and color of cool season legumes and other selected food legumes. *Journal of Food Science*, 72(2), S167-S177.

**Hădărugă, D. I., Costescu, C. I., Corpaș, L., Hădărugă, N. G., Isengard, H. D. (2016).** Differentiation of rye and wheat flour as well as mixtures by using the kinetics of Karl Fischer water titration. *Food chemistry*, 195, 49-55.

**Haines, M. L., Anderson, R. P., Gibson, P. R. (2008).** Systematic review: the evidence base for long-term management of coeliac disease. *Alimentary pharmacology & therapeutics*, 28(9), 1042-1066.

**Hui, Y. H. (Ed.). (2008).** *Food drying science and technology: microbiology, chemistry, applications*. DEStech Publications, Inc.

## J

**Jamal, S., Qazi, I. M., Ahmed, I. (2016).** Comparative studies on flour proximate compositions and functional properties of selected Pakistani rice varieties: Comparative studies on flour

proximate compositions and functional properties. Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences: B. Life and Environmental Sciences, 53(1), 47-56.

**Jezierny, D., Mosenthin, R., Bauer, E. (2010).** The grain legume as a protein source in nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 157, 111-128.

**Jukanti, A. K., Gaur, P. M., Gowda, C. L. L., Chibbar, R. N. (2012).** Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition*, 108(S1), S11-S26.

## K

**Kakar, A., Miano, T. F., Soomro, A. H., Yar, A., Memon, S. A., Khan, B. (2009).** Oil and water absorption capacity of wheat, rice and gram flour powders. Education, 2010.

**Kaur, G., Sharma, S., Nagi, H. P. S., Ranote, P. S. (2013).** Enrichment of pasta with different plant proteins. *Journal of food science and technology*, 50, 1000-1005.

**Ko, T. L., Than, S. S., Oo, Z. Z. (2017).** Isolation of protein from defatted lentil flour. *American Journal of Food Science and Technology*, 5(6), 238-244.

**Koubaier, H. B. H., Snoussi, A., Essaidi, I., Chabir, M., Bouzouita, N., Maamouri, O., ... Rouissi, H. (2015).** Cake quality evaluation made of wheat–lentil flour blends. *Journal of New Sciences*.

**Krishnan, M., Prabhasankar, P. (2010).** "Studies on pasting, microstructure, sensory, and nutritional profile of pasta influenced by sprouted finger millet (*Eleucina coracana*) and green banana (*Musa paradisiaca*) flours." *Journal of Texture Studies*, 41(6), 825- 841.

**Kruger, J. E., Matsuo, R. B., Dick, J. W. (1996).** Pasta and noodle technology: American association of cereal chemists.

**Kumar, S. R., Sadiq, M. B., Anal, A. K. (2022).** Comparative study of physicochemical and functional properties of soaked, germinated and pressure cooked Faba bean. *Journal of Food Science and Technology*, 1-11.

## L

**Laleg, K., Cassan, D., Barron, C., Cordelle, S., Schlich, P., Walrand, S., Micard, V. (2017).** Qualités culinaires, sensorielles et nutritionnelles de pâtes alimentaires sans gluten à base de légumineuses. *Innovations Agronomiques*, 60, 145-156.

**Lombardi, M., Materne, M., Cogan, N. O., Rodda, M., Daetwyler, H. D., Slater, A. T., ... Kaur, S. (2014).** Assessment of genetic variation within a global collection of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars and landraces using SNP markers. *BMC genetics*, 15, 1-10.

**Lowry, O. H., Rosebrouch, N. J., Farr, A. L., Randali, R. J. (1951).** Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of biological chemistry*, 193, 265-275.

## M

**Maheri-Sis, N., Chamani, M., Ali-Asghar, S., Mirza-Aghazadeh, A., Aghajanzadeh-Golshani, A. (2008).** Nutritional evaluation of kabuli and desi type chickpeas (*Cicer arietinum* L.) for ruminants using in vitro gas production technique. *African Journal of Biotechnology*, 7(16).

**Mahiout D.j.** Contribution à la caractérisation de *Ascochyta blight*(Pass.) Labr., agent causal de l'anthracnose du pois chiche (*Cicer arietinum*L.) et étude de son interaction avec *Medicago truncatula*Gaertn., doctora en science agronomique, université abd-Elhamid ibn badis de mostghanem, 219p.

**MAPAQ. (2018).** Caractérisation et identification d'un aliment potentiellement dangereux.

**Mariotti, M., Iametti, S., Cappa, C., Rasmussen, P., Lucisano, M. (2011).** Characterisation of gluten-free pasta through conventional and innovative methods: Evaluation of the uncooked products. *Journal of Cereal Science*, 53(3), 319-327

**Marti, A., Pagani, M. A. (2013).** What can play the role of gluten in gluten free pasta?. *Trends in Food Science & Technology*, 31(1), 63-71.

**Mattila P., Mäkinen S., Eurola M., Jalava T., Pihlava JM., Hellström J., Pihlanto A., (2018).** Nutritional value of commercial protein-rich plant products. *Plant Foods for Human Nutrition*, 73(2), 108–115.

**Maya, M., Maphosa, M. (2020).** Current status of chickpea production: Opportunities for promoting, adoption and adapting the crop in Zimbabwe: A review. *Journal of Dryland Agriculture*, 6(1), 1-9.

**Morel, S. (2011).** *Etude phytochimique et évaluation biologique de Derris ferruginea Benth.(Fabaceae)* (Doctoral dissertation, Université d'Angers).

**Mulder, C. J., Elli, L., Lebwohl, B., Makharia, G. K., Rostami, K., Rubio-Tapia, A., ... Al-Toma, A. (2023).** Follow-up of celiac disease in adults: “when, what, who, and where”. *Nutrients*, 15(9), 2048.

**Mulder, C. J., Wierdsma, N. J., Berkenpas, M., Jacobs, M. A. J. M., Bouma, G. (2015).** Preventing complications in celiac disease: Our experience with managing adult celiac disease. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 29(3), 459-468.

**Muttagi, G. C., Ravindra, U. (2020).** Chemical and nutritional composition of traditional rice varieties of Karnataka. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(5), 2300-2309.

## N

**Naivikul, O., d'Appolonia, B. L. (1978).** Comparison of legume and wheat flour carbohydrates. 1. Sugar analysis.

**Nout, R., Hounhouigan, J.D., Tiny VAan Boekel. (2003).** Les aliments, transformation, Conservation et Qualité. BaekhysPublishers, Wageningen, Netherland

## O

**Oniszczyk, A., Widelska, G., Wójtowicz, A., Oniszczyk, T., Wojtunik-Kulesza, K., Dib, A., Matwijczuk, A. (2019).** Content of phenolic compounds and antioxidant activity of new gluten-free pasta with the addition of chestnut flour. *Molecules*, 24(14), 2623.

**Owens, G. (Ed.). (2001).** *Cereals processing technology* (Vol. 53). CRC Press.

## P

**Pasricha, V., Satpathy, G., Gupta, R. K. (2014).** Phytochemical & Antioxidant activity of underutilized legume *Vicia faba* seeds and formulation of its fortified biscuits. *Journal of Pharmacognosy and phytochemistry*, 3(2), 75-80.

**Petitot, M., Boyer, L., Minier, C., Micard, V. (2010).** Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation. *Food Research International* 43, 634-641.

**Petitot, M., Brossard, C., Barron, C., Larré, C., Morel, M.-H., Micard, V. (2009).** "Modification of pasta structure induced by high drying temperatures. Effects on the in vitro digestibility of protein and starch fractions and the potential allergenicity of protein hydrolysates." *Food chemistry*, 116(2), 401-412.

## Q

**Qadir, N., Wani, I. A. (2023).** Functional properties, antioxidant activity and in-vitro digestibility characteristics of brown and polished rice flours of Indian temperate region. *Grain & Oil Science and Technology*, 6(1), 43-57.

## R

**Raikos V., Neacsu M., Russell W., Duthie G., (2014).** Comparative study of the functional properties of lupin, green pea, fava bean, hemp, and buckwheat flours as affected by pH. *Food Science and Nutrition*, 2(6), 802–810.

**Remond, D., Walrand, S. (2017).** Les graines de légumineuses : caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé. *Innovations Agronomiques*, 60, np..

**Renaudin C. (1951).** La fabrication industrielle de pâtes alimentaires. 2<sup>ème</sup> édition, Ed. DUNOD, Paris, 40

**Rochester, I. J., Peoples, M. B., Hulugalle, N. R., Gault, R., Constable, G. A. (2001).** Using legumes to enhance nitrogen fertility and improve soil condition in cotton cropping systems. *Field crops research*, 70(1), 27-41.

**Rosell, C.M., Collar, C., Haros, M. (2007).** Assessment of hydrocolloid effects on the thermomechanical properties of wheat using the Mixolab. *Food Hydrocolloids*, 21, 452- 462.

## S

**Safta, N. B., Ayadi, S., Yosra, Z., Mensi, A., Mabrouk, E. B. H., Leila, M., Debbiche, R. (2022).** Maladie cœliaque: effet de l'observance du régime sans gluten. *La Revue de Médecine Interne*, 43, A207-A208.

**Sanjewa, W. T., Wanasundara, J. P., Pietrasik, Z., Shand, P. J. (2010).** Characterization of chickpea (*Cicer arietinum* L.) flours and application in low-fat pork bologna as a model system. *Food Research International*, 43(2), 617-626.

**Sathya Prabhu, D., Devi Rajeswari, V. (2018).** Nutritional and biological properties of *Vicia faba* L.: A perspective review. *International Food Research Journal*, 25(4), 1332-1340.

**Schakel, S. F., Van Heel, N. Harnach, J. (2004).** Appendix 1. Grain composition table. In *Encyclopedia of Grain Science*. Editors: WRIGLEY, C., CORKE, H., WALKER, E.C. Edition: Elsevier. Vol 3, 441p.

**Sharpe, A. G., Ramsay, L., Sanderson, L. A., Fedoruk, M. J., Clarke, W. E., Li, R., ... Bett, K. E. (2013).** Ancient orphan crop joins modern era: gene-based SNP discovery and mapping in lentil. *BMC genomics*, 14, 1-13.

**Sissons, M. (2004).** "Pasta." *Encyclopedia of Grain Science*, Three-Volume Set, 409-418. Stephenson, C. (1983). "World's best pasta." *Macaroni journal*.

**Sissons, M., Ames, N., Egan, N., Rhymer, C. (2008).** A comparison of two instrumental techniques used to discriminate the cooking quality of spaghetti. *International journal of food science & technology*, 43(7), 1323-1329.

**Solanke, N. D., Thorat, P. P., Ughade, J. (2021).** Study the Physical and Functional Properties of Chickpea and Black Gram Flours. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 10(10), 277-282.

**Stephenson, C. (1983).** "World's best pasta." *Macaroni journal*

**Suo, X., Dall'Asta, M., Giuberti, G., Minucciani, M., Wang, Z., Vittadini, E. (2024).** Effect of "shape" on technological properties and nutritional quality of chickpea-corn-rice gluten free pasta. *LWT*, 192, 115661.

## T

**Tas, O., Ertugrul, U., Grunin, L., Oztop, M. H. (2022).** An investigation of functional quality characteristics and water interactions of navy bean, chickpea, pea, and lentil flours. *Legume Science*, 4(1), e136.

**Tazart, K. (2015).** Qualité nutritionnelle des pâtes alimentaires enrichies en légumineuses Thèse de Doctorat de Sciences alimentaires. Université Abderrahmane Mira de Béjaia, Faculté de Science de la nature et de la vie, Cotre, 206 p.

**Thomsen, M.** Evolution et caractérisation des relations arômes- structure de riz aromatiques. *BIO-Ingénieries*. Université de Montpellier – Ecole Nationale supérieure Agronomique de Montpellier : biologie, géosciences, Agro- ressources environnement, 2007,25 pages.

**Tremoliere J., Serviles Y. Jacqot R. (1984).** Manuel d'alimentation humaine tome 2, les aliments. 9ème édition. E.D.E.S.F. Paris, 540 p

## U

**Uebersax, M., Occena, L. (2003).** "Legumes: Legumes in Diet." *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 3520-3534.

**Ugrinovits M., Arrigoni E., Dossenbach A., Haberli G., Hanich H., Rychener M., Thormann M., Stalder U., (2004).** Pâtes alimentaires et pâtes alimentaires composées, chapitre 20 (MSDA).1-4 p

## V

**Vahedi K, Bouhnik Y, Matuchansky C., (2001)** Maladie cœliaque de l'adulte. *GastroenterolClin Biol*. 25: 485-94.

**Varsha Rani, V. R., Grewal, R. B. (2014).** Physical and functional properties of six varieties of lentil (*Lens culinaris Medik.*).

**Vierling, E. (2008).** Aliments et boissons: technologies et aspects réglementaires. ScérÉn-CRDP Aquitaine.

**Vinod, B. R., Asrey, R., Rudra, S. G., Urhe, S. B., Mishra, S. (2023).** Chickpea as a promising ingredient substitute in gluten-free bread making: An overview of technological and nutritional benefits. *Food Chemistry Advances*, 3, 100473.

## X

**Xu B. J. & Chang S. K. C. (2007).** A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *Journal of food science*, 72(2), S159-S166.

**Xu B. J., Yuan S. H. Chang S. K. C. (2007).** Comparative analyses of phenolic composition, antioxidant capacity, and color of cool season legumes and other selected food legumes. *Journal of Food Science*, 72(2), S167-S177.

## Y

**Yadav S., McNeil D. L. Stevenson P. C. (2007).** *Lentil*. Springer Dordrecht, The Netherlands, 471P.

## Z

**Zhou, K., Slavin, M., Lutterodt, H., Whent, M., Michael Eskin, N.A., Yu., L. (2013).** Chapter I: Cereals and legums. *Biochemistry of Foods*.

**Zia U., Muhammed, Iqbal, Shahid, Bhanger, Muhammad, Wiczowski, Wieslaw, Amarowicz, Ryszard (2008).** Antioxidant potential of Desi chickpea varieties commonly consumed in Pakistan. *Journal of Food Lipids*. 15. 326 - 342. 10.1111/j.1745- 4522.2008.00122.x.

## **Organismes de normalisation**

**Journal officiel de la république algérienne** N° 35, 28 Chabane 1434, 7 juillet (2013)

**Journal officiel de la république algérienne** N° 63, 28 Moharram 1438, 30 octobre 2016.

**Codex alimentarius.** Norme codex 171-1989. Norme codex pour CERTAINS LÉGUMES SECS. P : 1-4.

**Journal Agroline** N°111 Avril/juin (2019).

**Journal officiel de la république algérienne** N° 39, 8 Chaoual 1438, 2 juillet (2017).

## Webographie

United States Department of Agriculture, 2008 USDA site web:

<https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/13-08-NASS.pdf>

Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2023-2032 © OCDE/FAO 2023 site web :

<https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/a187ca6c->

[fr.pdf?expires=1718865565&id=id&accname=guest&checksum=887DEF96B53156E5514DFAB9CF40C382](https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/a187ca6c-fr.pdf?expires=1718865565&id=id&accname=guest&checksum=887DEF96B53156E5514DFAB9CF40C382), Consulté le 30/05/2024.

# ***Annexes***

## Annexe 01

### Dosage des protéines

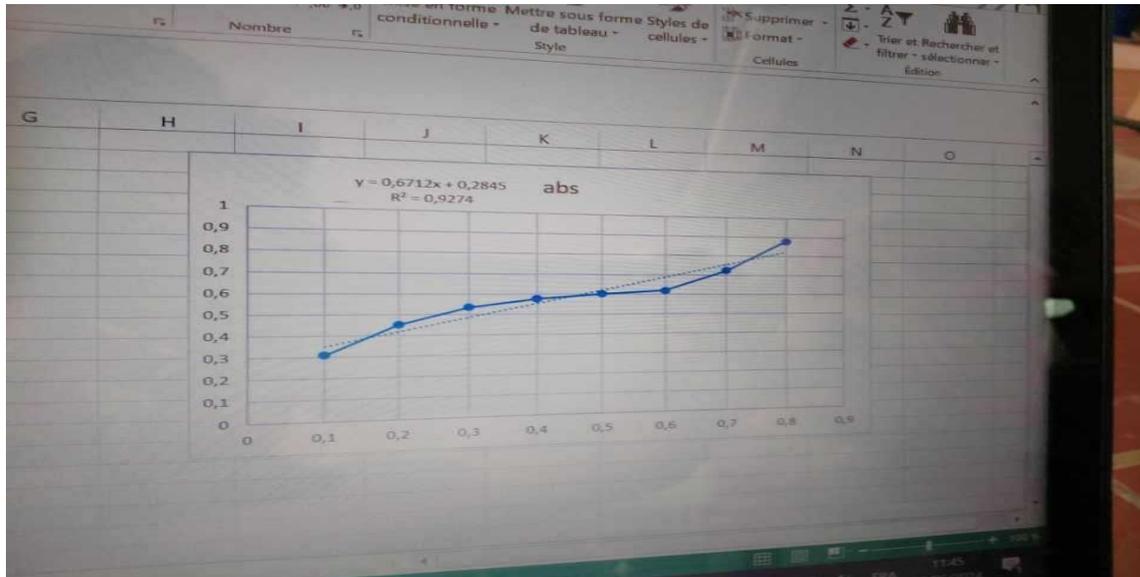


Figure 01 : Courbe d'étalonnage de protéines.

## Annexe 02

### Dosage des sucres totaux

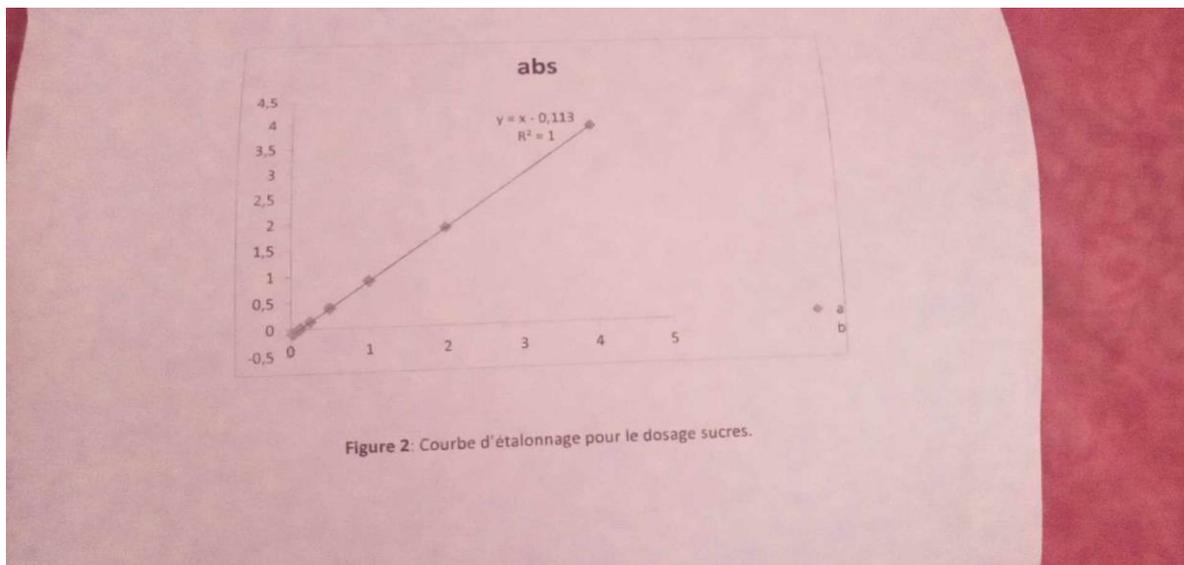


Figure 2: Courbe d'étalonnage pour le dosage sucres.

Figure 02 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des sucres totaux.

### Annexe 03

#### Dosage des polyphénols

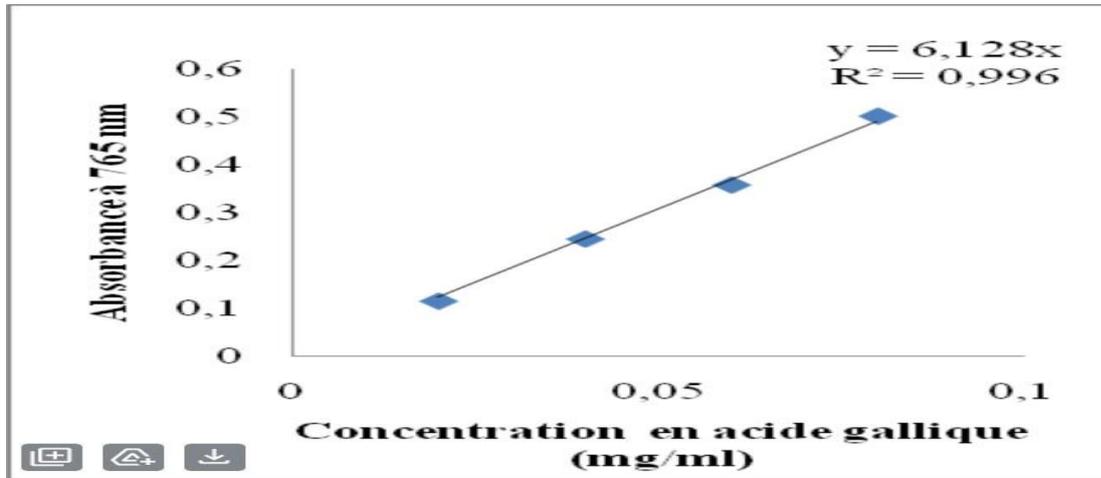


Figure 03 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

### Annexe 04

#### Dosage des flavonoïdes

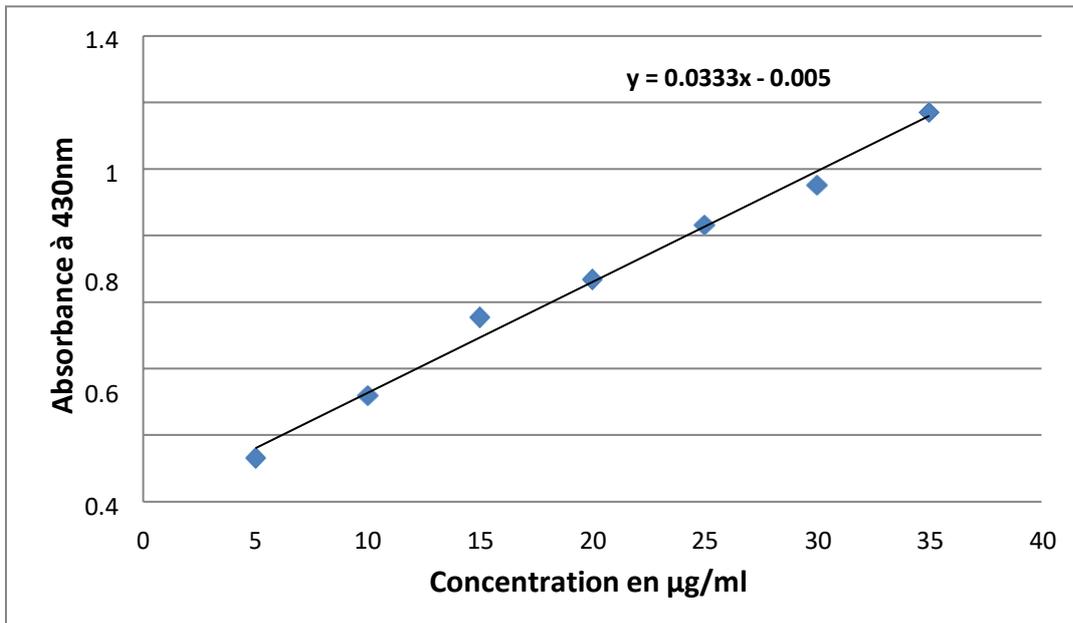


Figure 04 : Courbe d'étalonnage de la quercétine.

## Annexe 05

### Questionnaire d'analyse sensorielle d'une pâte de légumineuses.

Nom : ..... Prénom : ..... Age : .....

Trois échantillons de pâtes codés (154), (202), (419) vous sont présentés. Il vous est demandé d'évaluer les différentes caractéristiques organoleptiques et d'attribuer une note de 1 à 5 selon des codes donnés :

#### 1/ L'aspect visuel :

1. Pas attirant	154	202	419
2. Peu attirant			
3. Moyennement attirant			
4. Attirant			
5. Très attirant			

#### 2/ La couleur :

1. Blanc	154	202	419
2. Jaune			
3. Crevette rose			
4. Vert claire			
5. Vert foncé			

#### 3/ L'odeur :

1. Très faible	154	202	419
2. Faible			
3. Moyenne			
4. Forte			
5. Très forte			

#### 4/ Le goût :

1. Très désagréable	154	202	419
2. Désagréable			
3. Acceptable			
4. Agréable			
5. Très agréable			

**5/ La texture en bouche :**

- 1. Très rugueux
- 2. Rugueux
- 3. Peu rugueux
- 4. Lisse
- 5. Très lisse

154	202	419

**6/ La fermeté :**

- 1. Mou
- 2. Peu mou
- 3. Ferme
- 4. Dur
- 5. Très dur

154	202	419

**7/ Arrière-goût :**

- 1. Absent
- 2. Faible
- 3. Moyen
- 4. Fort
- 5. Très fort

154	202	419

**8/ Appréciation globale :**

Attribuez une note de 1 à 9 pour  
chaque échantillon

154	202	419

## **Résumé**

L'objectif de cette recherche consiste à créer une pâte à base de légumineuses afin de contribuer à l'amélioration de la situation alimentaire des patients cœliaques algériens. Afin d'obtenir une pâte alimentaire sans gluten, on broie le pois chiche, la fève et la lentille et les utilise comme farine.

Les farines de légumineuse ont été soumises à des analyses physico-chimiques afin de les caractériser et de déterminer leur composition chimique. Ensuite, des analyses microbiologiques ont été effectuées sur les pâtes alimentaires élaborées pour vérifier qu'elles ne présentent aucun risque pour la santé du consommateur. Les résultats obtenus sont conformes aux différentes normes. Le test de dégustation a montré que la recette à base de légumineuse est la mieux appréciée par le jury de dégustation, avec un goût acceptable (70 %), une odeur agréable (70 %), une forme présentable et une texture lisse (70 %).

**Mots-clés :** légumineuses, pâte alimentaire sans gluten, pois chiche, fève, lentille.

## **Abstract**

The aim of this research is to create a legume-based pasta to help improve the dietary situation of Algerian coeliac patients. To obtain a gluten-free pasta, chickpeas, fava beans and lentils were ground and used as flour.

The legume flours were subjected to physico-chemical analyses to characterize them and determine their chemical composition. Microbiological analyses were then carried out on the pasta products to ensure that they presented no risk to consumer health. The results obtained were in line with the various standards. The tasting test showed that the legume-based recipe was the best appreciated by the tasting panel, with an acceptable taste (70%), pleasant smell (70%), presentable shape and smooth texture (70%).

**Keywords:** legumes, gluten-free pasta, chickpea, fava beans, lentils.